# التحليل المكانى

## باستخدام نظم المعلومات الجغرافية




دكتور

**محمد إبراهيم محمد شرف**

الأستاذ بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب - جامعة الإسكندرية




# التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

# التحليل المكانى

## باستخدام نظم المعلومات الجغرافية


دكتور

**محمد إبراهيم محمد شرف**

الأستاذ بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب - جامعة الإسكندرية



١٤٣٢ هـ - ٢٠١١ م



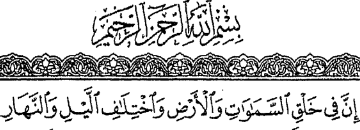

محمد إبراهيم محمد شرف
التحليل المكانى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية
تصنيف ديوى الدولى ٩١٠,٢٨٥
رقم الايداع ٢٠٠٧/٢٣٩٤٤
الترقيم الدولى ١-٣٣٣-٢٧٣-٩٧٧



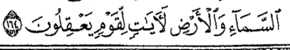
١٤٣٢ هـ ـ ٢٠١١ م




الاداره :- ٣٦ ش سوتير - الازريطة - أمام كلية الحقوق ـ جامعة الاسكندرية ـ جمهورية مصر العربيه
تليفاكس :- ٠٠٢٠٣٤٨٧٠١٦٣
محمول :- ٠٠٢٠١٢١٦٦٦٩١٣
الفرع الثاني :- ٣٨٧ ش قنال السويس ـ الشاطبي ـ الاسكندريه
Email: -
darelmaarefa@gmail.com,d_maarefa@yahoo.com
Web site: - www.darelmaarefa.com



إِنَّ فِي خَلْقِ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ وَٱخْتِلَٰفِ ٱلَّيْلِ وَٱلنَّهَارِ
وَٱلْفُلْكِ ٱلَّتِي تَجْرِي فِي ٱلْبَحْرِ بِمَا يَنفَعُ ٱلنَّاسَ وَمَآ أَنزَلَ ٱللَّهُ
مِنَ ٱلسَّمَآءِ مِن مَّآءٍ فَأَحْيَا بِهِ ٱلْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا
مِن كُلِّ دَآبَّةٍ وَتَصْرِيفِ ٱلرِّيَٰحِ وَٱلسَّحَابِ ٱلْمُسَخَّرِ بَيْنَ
ٱلسَّمَآءِ وَٱلْأَرْضِ لَأَيَٰتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾



**صدق الله العظيم**

**(سورة البقرة ١٦٤)**

إهـداء

إلـي ..عمر

## مقدمـــة

يمر إعداد أى بحث بمراحل علمية أساسية تبدأ بتحديد الباحث المنهج العلمى الذى سوف يتبعه فى صياغة بحثه، ثم يحدد مصادر بياناته وطرق جمعها باعتبارها المادة الخام التى سوف يستخدمها فى بناء قاعدة بياناته، ثم يقوم بتحليل بياناته وتقييم نتائجها وتفسيرها، وينتهى بصياغة بحثه وعرض بياناته .

ويعد البحث الجغرافى من أكثر العلوم التى تعتمد على البيانات واستخدام أساليب التحليل العلمى، ولأن المكان هو المحور الأساسى للبحث الجغرافى، فـإن أهـم أهـداف البحـث الجغـرافى هــى تحليـل قيمة الموقع وتغيرها المكانى والزمانى وعلاقة ذلك بالتوزيع الجغرافى للظاهرة المدروسة وخصائصـه.

ويشكل فهم التوزيع المكانى للظاهرات وتفسير نمط التوزيع وتحديد الظاهرات ذات العلاقة به، والبحث عن أسباب التركز أو التشتت، وتحديد الأبعاد الجغرافية لهذا التوزيع وتوقع مستقبله ، يشكل تحدياً كبيراً بين الباحثين ، لأنه يعتمد على استخدام أساليب رياضية وإحصائية وكارتوجرافية متنوعة، واختيار أنسبها فى تحليل الظاهرة المدروسة .

وأصبح متاحًا فى الوقت الحاضر استخدام ما توفره برمجيات نظم المعلومات الجغرافية من أساليب التحليل المكانى المتنوعة التى تناسب جميع الظاهرات الجغرافية، فيكفى أن يكون متوفراً لدى الباحث قاعدة بياناته

وخريطة الأساس لمنطقة بحثه فى ملفات رقمية ، فكلاهما يشكل الأساس الذى سيبنى عليه تحليله .

ويستفيد الباحث الجغرافى عند استخدامه لبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية بدمج المكان مع التحليل الحسابى أو الاحصائى فيما يعرف بالتحليل المكانى لكى يقيس خصائص وعلاقات توزيع الظاهرة من خلال النظر بعمق فى طبقتين أو أكثر من المعلومات التى توزع الظاهرة وتقيس العلاقة بينها وبين جيرانها من الظاهرات المحيطة بها من ناحية، وبين المتغيرات المكانية وغير المكانية القريبة منها أو البعيدة عنها .

ويلقى هذا الكتاب الضوء على أساليب التحليل المكانى المتوفرة فى نظم المعلومات الجغرافية فى ظل النمو المعلوماتى السريع، والتنوع الهائل فى البيانات ومصادرها، والتطور المستمر فى نظم الحاسبات الآلية وادارتها لقواعد بيانات ضخمة، باعتبارها أحد أدوات الباحث التى يستخدمها فى صياغة بحثه. وقد حاولت أن أتناول أهم أساليب التحليل المكانى التى يشاع استخدامها وذلك فى اطار يجمع بين عرض الأساس الرياضى لكل منها وتطبيقاتها الجغرافية التى تناسبها .

ويعد هذا الكتاب خطوة مكملة لخطوة سبقته على طريق ليس بقصير فى مجال نظم المعلومات الجغرافية، فقد أصدرت فى العام الماضى مؤلفًا عن نظم المعلومات الجغرافية يُعرف ماهيتها وأنواع ومصادر بياناتها، وكيفية بناء قواعدها المكانية والوصفية ، وطرق عرضها وفحصها واستكشافها ،

والآن أقدم التحليل المكانى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لدارسى الجغرافيا وباحثيها فى أسلوب مبسط ويطرح أفكاراً متعددة لجوانب التطبيق العلمى المناسبة لكل نوع من أساليب التحليل المكانى .

والله أسأل أن يقبل هذا العمل ويعم به النفع ...

**الإسكندرية فى سبتمبر ٢٠٠٧**

**المؤلف**

**أ.د محمد إبراهيم محمد شرف**



الفصل الأول

# ماهية نظم المعلومات الجغرافية

- مقدمة.
- تعريف نظم المعلومات الجغرافية GISystems
- علم المعلومات الجغرافية GIScience
- مكونات نظم المعلومات الجغرافية
  - أجهزة الحاسب الآلي Hardware
  - برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS Software
  - البيانات Data
  - إدارة البيانات Data Management
  - الأفراد People
- البيانات الجغرافية Geographicaly Referenced Data
- طبيعة البيانات الجغرافية
  - البيانات المكانية Spatial Data
    - ١- نظام المعلومات الاتجاهي Vector Based GIS
    - ٢- نظام المعلومات النقطي Raster Based GIS
  - البيانات غير المكانية Non-Spatial Data
  - الربط بين البيانات المكانية وغير المكانية
  - المقارنة بين نظامي المعلومات الاتجاهي والنقطي
- وظائف نظم المعلومات الجغرافية
  - ١-ادخال البيانات Data Input
  - ٢-ادارة البيانات Data Management
  - ٣-عرض البيانات Data Display
  - ٤-استكشاف البيانات Data Exploration
  - ٥-تحويل البيانات Data Transform
  - ٦-تحليل البيانات Data Analysis
  - ٧-النمذجة Modelling
  - ٨-اخراج البيانات Data ouput
- مستقبل نظم المعلومات الجغرافية
- تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية
- الخلاصة

مقدمة ..

تدافع الدارسون والباحثون فى مجالات علمية متعددة وبخاصة علم الجغرافيا فى السنوات الأخيرة على استخدام نظم المعلومات الجغرافية كأسلوب حديث فى معالجة دراساتهم، كما تدافعت شركات البرمجيات على إنتاج حزم متنوعة لا حصر لها بمستويات مختلفة تناسب كلا من الطلاب والباحثين والمهنيين والإدارات والشركات والمؤسسات والهيئات والوزارات والحكومات والمنظمات الإقليمية والعالمية وغيرهم، وأصبحت تقنية نظم المعلومات الجغرافية تنتشر انتشاراً واسعاً وترتبط مع إدارة أشكال الحياة الحديثة، ومع ذلك فهى لا تزال تشكل علامة استفهام كبيرة لعديد من الناس الذين لا يدركون ماهيتها ووظيفتها وكيفية إدارتها والإستفادة منها، ودورها فى حياتهم اليومية.

ويعد الجغرافيون أكثر من إستجاب بسرعة وتوافق مع نظم المعلومات الجغرافية، وعرفوا تفاصيل سلبياتها وإيجابياتها، وأصبحت أدواتها غير معقدة لهم، فأستخدموها بكثرة فى الآونة الأخيرة فيكاد لايخلو بحث جغرافى حديث منها أو ينفذه صاحبه باستخدامها، ويكاد لايخلو أى كتاب جغرافى حديث من الإشارة لها. وأصبح كل ما ينتمى إلى حقل الجغرافيا يعرفها ويتأثر بها ويتوافق معها على الرغم من أنها حديثة العهد فى القوائم الدراسية بالجامعات بل لا يزال بعضها خالياً منها.

ويعرف المخططون والمهتمون بالتنمية وإدارة الموارد نظم المعلومات الجغرافية وهم أول من إستخدمها وإستفاد بها فى إدارة المعلومات وتصميم خطط التنمية والحفاظ على الموارد المتاحة والطرق المثلى للاستفادة منها. وخصصت العديد من الهيئات الآن الميزانيات الكبيرة لإنشاء نظم معلومات جغرافية وقواعد بيانات جغرافية Geographich Databases تقدر بمليارات الدولارات.

ويدين ظهور تقنية نظم المعلومات الجغرافية إلى بداية التحول نحو الخرائط الآلية Computer Mapping خلال الستينيات من القرن العشرين المنصرم، التى

أفرزت نوعية من الخرائط تطورت حتى أصبحت تتسم بالدقة العالية وجمال التنفيذ وتنوع التمثيل، ثم تطور ذلك إلى ظهور أسلوب التحليل بتطابق الخرائط Overlay الذى يعتمد على تخزين الخرائط وتنظيم عرضها على شكل طبقات Layers تمثل كل منها ظاهرة مستقلة فازدادت القدرة على التحليل واتسع مجال الرؤية ليشمل مجموعة طبقات متداخلة تجمع الخصائص المكانية فى محيط واحد، حيث يمكن الربط أو الفصل بينها بسهولة، وتحديد خصائص توزيع كل منها، والعلاقة بين كل توزيع وآخر، وفى حالة ما إذا كانت كل طبقة تختص بتوزيع الظاهرة نفسها فى فترة زمنية معينة فيمكننا إدراك التغير الزمنى فى حجم الظاهرة وإتجاه هذا التغير، وعلاقة ذلك بالظاهرات الأخرى. ولقد نمت هذه التقنية وتطورت وأفرزت ما يعرف باسم نظم المعلومات الجغرافية.

وشكلت الحاجة إلى تحليل وفهم الكثير من المشكلات البيئية المؤقتة والدائمة، اليومية والسنوية والأزلية التى تضغط علينا وتهدد الحياة على سطح الأرض بمخاطر وأهوال لا نعلم مداها ويأتى فى مقدمتها إرتفاع حرارة الأرض أو ما يعرف بمشكلة الاحتباس الحرارى، والأمطار الحمضية، التصحر، وحرائق الغابات، الانفجار السكانى، وانتشار الأوبئة والأمراض المعدية والتكدس على الطرق، وغيرها من المشكلات البيئية الأخرى التى تتعلق بمختلف أوجه النشاط البشرى على سطح الأرض، دعت الحاجة لفهم تلك المشكلات إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية كأحد أكبر التطبيقات الخرائطية الآلية لتنظيم بيانات هذه المشكلات وفهم علاقاتها المكانية والتنبؤ بمستوياتها المستقبلية للوصول إلى قرارات مناسبة وسريعة لمقاومتها والحد من خطورتها. فزاد الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية على المستويين الاقليمى والعالمى وخصصت لها الميزانيات الضخمة فتطورت أجهزتها وبرمجياتها لتكون أسهل وأسرع وأكثر حجماً وتنوعاً وأكثر قدرة على طرح التساؤلات والبحث عن الإجابات بواسطة أساليب متقدمة لتحليل البيانات المكانية وإستخراجها على شكل خرائط وجداول وتقارير قابلة للتنفيذ .

## تعريف نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS)

تعد نظم المعلومات الجغرافية لغة حديثة لإدارة المعلومات بواسطة أنظمة الحاسب الآلى Computer Systems، والجديد فى ذلك أن هذه اللغة تعتمد على البيانات الجغرافية Geographical Referenced فى المعالجة، ويقصد بالبيانات الجغرافية بأنها البيانات المرتبطة بمواقعها الجغرافية الحقيقية على سطح الأرض، فهى إذن تقنية رقمية تتعامل مع المعلومات الجغرافية، وهى تحتاج إلى أجهزة آلية وبرمجيات وبيانات جغرافية ليقوم مستخدميها بإدخال البيانات الجغرافية بواسطة أجهزة الإدخال الآلية وحفظها فى ملفات يسهل من خلالها عرضها وتحديثها وتعديلها وإسترجاعها ونقلها إلى قوائم المعالجة والتحليل بالبرامج ثم إستخراجها على شكل خرائط وتقارير وجداول ونماذج تشكل الأساس الذى سوف يعتمد عليه صناع القرار. ويمكن تحديد تعريف قياسى لنظم المعلومات الجغرافية بأنها **«طرق آلية لإدخال وتخزين وعرض واسترجاع ومعالجة وتحليل وتصنيف ونمذجة البيانات الجغرافية»**.

## علم المعلومات الجغرافية Geographic Information Science (GIS)

يمثل علم المعلومات الجغرافية GIScience الأساس النظرى لنظم المعلومات الجغرافية GISystems[(1)]، وهو العلم الذى يقف خلف النظم، وهو أحد فروع المعرفة مثل علم الخرائط، علم الحاسب الآلى ، علم الاستشعار من بعد، علم الاحصاء، علم المساحة، ويشمل دراسة الأسس الأصولية للتعامل مع المعلومات الجغرافية فى بيئة رقمية يفهمها الحاسب الآلى[(٢)] .

ويختص علم المعلومات الجغرافية GIScience بتحديد الأسلوب الرقمى المناسب لإدخال المعلومات، وأنواع طبقات الخرائط اللازمة لكل نوع من أنواع

---

(1) Schuarman, N., GIS a Short Introduction, UK, 2004, p. 9.

(2) Heywood, I., & Others., An Inroduction to Geographical Information systems, Second Edition, UK, 2002, p. 13 .

المعلومات، وتصميم الجداول التى سوف تحتوى على المعلومات المكانية والوصفية التى سوف تتفاعل مع الطبقات المعلوماتية، بالإضافة إلى طرح الأسئلة الممكنه لتفسير العلاقات المكانية الغامضة واحتمالات حدوثها، ويعرض أساليب التحليل المناسبة لكل نوع من أنواع المعلومات الجغرافية، وطرق إجراء تصنيف المعلومات وتصميم النماذج والصيغ الرياضية الخاصة بها التى سوف تختبر العلاقات المكانية، وكيفية تفسير النتائج والمخرجات من خرائط وجداول وتقارير والإعتماد عليها فى صناعة القرار المناسب.

ويتجاوز بذلك علم المعلومات الجغرافية GIScience نظم المعلومات الجغرافية GISystems التى تشكل الوسط الذى ينفذ الأفكار التى تنبثق من علم المعلومات الجغرافية من خلال عمليات ادخال وتخزين واسترجاع ومعالجة وتحليل ودمج وتصنيف ونمذجة البيانات وإخراجها، ويعطى علم المعلومات الجغرافية الأسس النظرية والمبررات للطرق التى سوف تسلكها هذه العمليات.

**مكونات نظم المعلومات الجغرافية Gomponents of a GIS**

يتكون أى نظام معلومات جغرافى من مجموعة من العناصر التى تتكامل مع بعضها البعض لتشكل النظام وتتمثل هذه المجموعة فى خمسة عناصر أساسية هى:

١- أجهزة الحاسب الآلى Hardware

٢- برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS Software

٣- البيانات Data

٤- إدارة البيانات Data Management

٥- الأفراد People

ونستعرض فيما يلى خصائص مواصفات كل من مكونات النظام:

**أولاً أجهزة الحاسب الآلي Hardware**

تلعب أجهزة الحاسب الآلى دوراً هاماً فى مستوى كفاءة نظام المعلومات

الجغرافي، فعند توافر أجهزة عالية الجودة ترتفع جودة النظام وتزداد قدرته في إدارة المعلومات ومعالجتها وتحليلها وإخراجها بالشكل المناسب، وبصفة عامة توجد مجموعة من المتطلبات لابد من توافرها في أجهزة الحاسب الآلي التي يعتمد عليها في إنشاء نظام معلومات جغرافي وهي:

١- قدرة مناسبة للمعالج (على سبيل المثال Puntuim 4) ذو سرعة عالية.

٢- ذاكرة مناسبة لتخزين حجم كبيرة من المعلومات (على سبيل المثال ١٢٨ ميجابيت).

٣- نظام تشغيل النوافذ .

٤- نوعية عالية ودقة عالية لشاشة عرض ملونة.

٥- أجهزة إدخال البيانات الجغرافية مثل المرقمات Digitizeres، الماسحات الضوئية Scanneres.

٦- أجهزة إخراج البيانات الجغرافية مثل الراسمات القلمية Plotleres وطابعات ملونة ذات كفاءة عالية.

**ثانياً: برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS Software**

تتعدد البرامج الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية، وأهم ما يميزها أنها صممت لتتعامل مع البيانات الجغرافية، وهي تضم مجموعة من الأوامر التي تدير قواعد البيانات الجغرافية بسهولة وتتوزع وظائفها الأساسية كالآتي:

١- عملية إدخال البيانات الجغرافية Geographical Data Input Operater وتشمل عمليات إدخال البيانات وترميزها وحفظها.

٢- عملية المعالجة الشكلية للبيانات Data Cosmetic Processing وتشمل عمليات التخزين، وإنشاء الملفات، وتحويل وتحرير الملفات.

٣- التحكم في قدرات المعالجة Control Processing Capabilities وتشمل عمليات التحكم في المعلومات من وإلى النظام وإخراجها بأشكالها المتعددة.

٤- تحليل البيانات Data Analysis وتشمل عمليات الاستفسار Query وعمليات التحليل المكانى Spatial Analysis، والتحليل ثلاثى الأبعاد 3D Analysis، والتحليل الإحصائى Statistical Analysis.

٥- تحليل النماذج Modelling Analysis وتشمل عمليات التصنيف Classification والتطابق Overlaying، والنمذجة Modeling.

ويتوافر العديد من البرامج الجاهزة الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية تتباين مستوياتها تبعاً لحجم وظائفها ومدى توافقها مع مصادر البيانات المتنوعة ويعد كلا من برنامج ArcGIs[1]، IDRISI[2]، GEOMEDIA[3]، من أكبر البرامج المستخدمة فى نظم المعلومات الجغرافية.

**ثالثا: البيانات Data**

وهى أهم مكونات نظام المعلومات الجغرافى، حيث يتم بناء النظام أساساً لكى يقوم بتحليل هذه البيانات، وتتنوع البيانات المستخدمة فى نظم المعلومات الجغرافية وتتنوع مصادرها، ومن أهم ما يميز هذا النظام أنه يعتمد على البيانات الجغرافية، وهى بيانات مكانية يتم تعريفها عن طريق موقعها الفلكى، وربطها ببعضها أو بالظاهرات الأخرى، وربطها ببيانات غير مكانية Non - Spatial Data. وتشمل البيانات الجغرافية مايلى:

١- بيانات الموقع الفلكى وتعنى الإحداثيات الجغرافية للنقط المعبرة عن الظاهرات النقطية أوالخطية أوالمساحية.

٢- تفاصيل الإرتباط بين الظاهرات النقطية.

٣- بيانات وصفية غير مكانية تعبر عن متغيرات وصفية مثل الكميات والأحجام، والإتجاه، والأصناف، والأسماء وغيرها.

---

(١) تصدره مؤسسة Environmental Systems Research Institute (ESRI) الأمريكية.

(٢) تصدره جامعة كلارك بالولايات المتحدة الأمريكية Clark Labs, U.S.A.

(٣) تصدره مؤسسة Intergraphy الأمريكية.

٤- بيانات زمنية Temporal Data وتعبر عن التغير الزمنى للبيانات خلال فترات زمنية محددة (السلاسل الزمنية).

وتتعدد مصادر البيانات الجغرافية، فعلى خلاف وجودها فى جداول جاهزة، توجد على شكل خرائط بأنواعها، وصور جوية Aerial Photographs ومرئيات فضائية Satelliet Image، أو على هيئة بيانات رقمية من أجهزة تحديد المواقع الجغرافية Global Positional System (GPS)، أو من أجهزة المحطات المتكاملة Total Station المستخدمة فى أعمال المساحة الأرضية.

**رابعا: إدارة البيانات Data Management**

ويقصد بها مجموعة العمليات التى سوف تتبع لتنفيذ تحليل النظام، وتشمل إدخال البيانات، وتخزينها، وإنشاء الطبقات المعلوماتية، وإدراج البيانات التفصيلية الخاصة بكل طبقة، وتحويل وتعديل وتحليل البيانات،إ خراج البيانات. ويتم تصميم جميع الخطوات التى سوف تتبع لتنفيذ تلك العمليات.

**خامساً: الأفراد People**

يقصد بالأفراد الكوادر المدربة القادرة على التعامل مع نظم المعلومات الجغرافية، فهم العقول المفكرة التى تطرح أهداف وأهمية النظام، فهم الذين يخططون ويصممون ويديرون النظام ويتخذون القرارت المناسبة اعتماداً على المخرجات.

ويحتاج إنشاء نظام معلومات جغرافى تعاون مجموعة من الأفراد تشكل فريق العمل الذى يتكون من مجموعة من المتخصصين فى مجالات مختلفة يقوم كل منهم بأداء دور محدد تحت إشراف مدير النظام، ويؤدى التدريب الجيد لفريق العمل إلى رفع كفاءة النظام وحسن إدارة البيانات، ومن أهم التخصصات التى يجب توافرها فى فريق العمل مايلى:

١- جمع البيانات من مصادرها المتنوعة، ومن المسح الميدانى.

٢- علم الخرائط.

٣- مساقط الخرائط.

٤- المساحة الطبوغرافية.

٥- المساحة التصويرية.

٦- الاستشعار من بعد.

٧- نظام تحديد المواقع على سطح الأرض.

٨- إدخال البيانات.

٩- الرسم الهندسى بإستخدام الحاسب الآلى.

١٠- الخرائط الآلية.

١١- نظم إدارة قواعد البيانات.

١٢- بناء النماذج الرياضية.

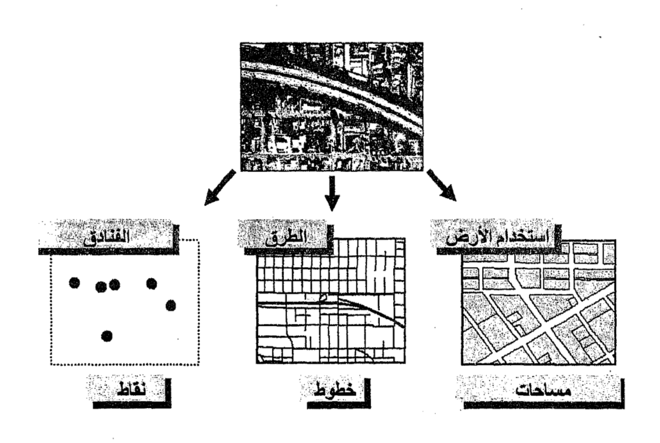
١٣- برمجة الحاسب الآلى.

ويمكن القول بأن ليس كل نظام معلومات جغرافية ناجح، فنجاحه مرهون بإستخدام الأجهزة المناسبة ومستوى دقتها، وإستخدام برامج ذات قدرة عالية، وبيانات متنوعة المصادر ودقيقة، وأفراد مدربون تدريباً جيداً.

**البيانات الجغرافية Geographicaly Referenced Data**

صُممت برامج نظم المعلومات الجغرافية لتتعامل مع البيانات الجغرافية التى تُعرف عن طريق معلومات الموقع، والشكل الهندسى له ، بالإضافة إلى مجموعة بيانات وصفية ترتبط بها تصفها وتحدد خصائصها.

فعلى سبيل المثال عند التعامل مع بيانات أحد مراكز الأرصاد الجوية، يتم إدراج المركز على شكل نقطة لها إحداثيات جغرافية (خط طول ودائرة عرض)، وإضافة مجموعة معلومات وصفية مثل رقم المحطة، نوع المحطة. وعند التعامل




**شكل رقم (١) البيانات الجغرافية**

مع بيانات أحد الطرق، يتم إدراج الطريق على شكل خط يربط بين نقطتين لكل منهما إحداثياته الجغرافية وإضافة مجموعة معلومات وصفية مثل اسم الطريق، السرعة القصوى، الإتجاه. وعند التعامل مع بيانات إحدى المحافظات يتم إدراج المحافظة على شكل مضلع يمر بمجموعة من النقاط لكل منها إحداثياته الجغرافية، وإضافة مجموعة معلومات وصفية مثل الإسم، عدد السكان، الوظيفة.

فالبيانات الجغرافية توجد فى ثلاث صور أساسية هى: النقطة Point (الآبار – مراكز الإطفاء – المدارس.. وغيرها)، الخط Line (الطرق – الأنهار – الحدود الإدارية... وغيرها)، المضلع Polygon (أقاليم التربة – المساحات المحصولية – المحافظات.. وغيرها)، ولكى يميز الحاسب الآلى تلك البيانات فيجب أن يتم تعريف كل ظاهرة عن طريق ثلاثة عناصر:

١– أين تقع الظاهرة؟

٢– ماذا تمثل الظاهرة؟

٣– ماهى العلاقة بين كل ظاهرة وظاهرة أخرى مجاورة لها.

فالبيانات الجغرافية هى مجموعة معلومات مكانية Spatial Data تُعرف الموقع والشكل والاتصال، ومجموعة معلومات غير مكانية Non-Spatial Data (Attributes) تحدد ملامحها وخصائصها.

**طبيعة البيانات الجغرافية:**

تتوزع البيانات الجغرافية فى شكلين أساسيين، الأول الشكل الرسومى الذى يعبر عن البيانات المكانية (النقطة، الخط، المضلع) ويتم توقيع تلك البيانات اعتماداً على نظام الإحداثيات الجغرافية، أما الشكل الثانى فهو الوصفى الذى يعبر عن البيانات غير المكانية (الأسم، الحجم، الأرتفاع، العمق، المنسوب، درجة الحرارة، السرعة، إتجاه وسرعة الرياح.. وغيرها) ويتم توقيع تلك البيانات على هيئة جداول متفاعلة Interactive Tables مع البيانات المكانية (الشكل الرسومى) تصف ملامحه وخصائصه. ونستعرض فيما يلى طبيعة كل منهما.

## أولاً: البيانات المكانية (الشكل الرسومي) Spatial Data

يتم الحصول على تلك البيانات من مصدار جغرافية متعددة وهى: الخرائط بجميع أنواعها، الصور الجوية، والمرئيات الفضائية، نظام تحديد المواقع العالمية، المسح الميدانى الرقمى بواسطة المحطة المتكاملة. وتتعامل نظم المعلومات الجغرافية مع تلك البيانات عند تعريفها وادخالها وتخزينها داخل قاعدة البيانات الجغرافية بنظامين أساسين هما :

### ١- نظام المعلومات الاتجاهي Vector Based GIS

وهو نظام يستخدم الإحداثيات الأفقية (س)، والرأسية (ص) للخريطة لتعريف الظاهرات المكانية التى تأخذ شكل النقطة، الخط، المضلع على النحو التالى:

أ- يتم تعريف الظاهرة النقطية بزوج واحد من الإحداثيات (س، ص) وفى هذه الحالة يمكن إهمال أبعادها أوالمساحة الحقيقية التى تغطيها على سطح الأرض مثل تعريف الآبار، المدارس، الفنادق.

ب- يتم تعريف الظاهرة الخطية بإستخدام زوج من الإحداثيات لنقطة بداية الخط (س$_{١}$، ص$_{١}$)، وزوج ثان من الإحداثيات لنقطة نهاية الخط (س$_{٢}$ ، ص$_{٢}$) وفى هذه الحالة يمكن إهمال عرض أو سمك الظاهرة مثل تعريف الأنهار على الخرائط المليونية.

جـ- يتم تعريف الظاهرة المساحية التى لها محيط مضلع بإستخدام سلسلة من النقاط تبدأ من نقطة معلومة وتنتهى إليها (س$_{١}$ ص$_{١}$، س$_{٢}$ ص$_{٢}$ ، س$_{٣}$ ص$_{٣}$، .... س$_{ن}$ ص $_{ن}$)، وفى هذه الحالة لا يمكن إهمال أبعاد هذه الظاهرة مثل تعريف البلوكات السكنية، الحدود السياسية.

### ٢- نظام المعلومات النقطى Raster Based Data

وهو نظام يعتمد على تقسيم مساحة الخريطة إلى شبكة مربعات متناهية فى الصغر Grid لتعريف الظاهرات المكانية التى تأخذ أشكال النقطة ، الخط، المضلع،

باستخدام البت Bit المكون من الرقمين (1, 0) [(١)] ويعنى ذلك أنها تحتفظ بالظاهرات المكانية فى شكل مصفوفة من النقط على النحو التالى :

١- يتم تعريف الظاهرة النقطية بتحديد المربع الذى يتقاطع عنده أحد سطور Raws شبكة المربعات مع أحد أعمدتها Colume ويسمى بيكسل Picture Element (Pixel) ثم يسجل بداخله الرقم (1) .

٢- يتم تعريف الظاهرة الخطية بتحديد المربعات المتتالية التى يمر فيها الخط ثم يسجل داخل كل منها الرقم (1)، ويسجل الرقم (0) داخل المربعات الخالية من الخط.

٣- يتم تعريف الظاهرة المساحية بتحديد المربعات التى تمر فيها الخطوط المحددة لمحيط المساحة أو المضلع ثم يسجل داخلها وداخل جميع المربعات التى يحيط بها المضلع الرقم (1)، ويسجل الرقم (0) داخل المربعات التى تقع خارج المضلع.

ولأن كل من النظام الاتجاهى Vector ، والنظام النقطى Raster يختلفان فى الفكرة والتركيب فكل منهما يناسب أنواعاً معينة من الظاهرات لا يناسبها النوع الآخر، كما أنهما يختلفان فى طريقه ربط البيانات الوصفية المصاحبة للظاهرة.

**ثانياً: البيانات غير المكانية Non - Spatial Data**

وهى بيانات وصفية Attributes Data تصف خصائص الظاهرة المكانية ويتم الحصول عليها من مصادر غير جغرافية مثل الاحصائيات، الجداول، والمواد الفيلمية. وتتنوع أنواع البيانات الوصفية على النحو التالى :

١- بيانات على شكل أرقام Numbers مثل قيم المناسيب، ارتفاعات المبانى، الحجم، السرعة، درجة الحرارة .. وغيرها.

---

(١) يعرف البت Bit بأنه المساحة التى يمكنها تمثيل الرقمين (1, 0) وهى واحدة من ثمانية خانات تشكل وحدة البايت Byte وهى وحدة تخزين حرف واحد فى ذاكرة الكمبيوتر.

٢- بيانات على شكل حروف String مثل الأسم، النوع، الوظيفة... وغيرها.
٣- بيانات على شكل المتغير المنطقى الزوجى Logical Boolean مثل 0/1 ، On / off، Yes, No.
٤- بيانات التاريخ Data ولها أكثر من تنسيق مثل (dd mm yyyy)، (mm dd yyyy)، yyyy mm dd.
٥- بيانات الزمن Time ولها أكثر من تنسيق مثل (24- hour)، (12 - hour).
٦- ملفات من برامج أخرى مثل برامج الكتابة Word files، برامج الرسومات CAD files وغيرها.
٧- ملفات الوسائط المتعددة Mutlimedia files.

**الربط بين البيانات المكانية والوصفية:**

يتم تخزين البيانات المكانية (Vector & Raster) فى ملفات رسومية، ويتم تخزين البيانات الوصفية فى جداول Table Attributes، ويتم الربط بين نوعى البيانات بواسطة عامل مشترك وهو كود التعريف (ID) Identification Code حيث يتم تكويد البيانات الوصفية الخاصة بظاهرة مكانية بكود التعريف نفسه الذى يعطى للظاهرة المكانية، وبهذه الطريقة يتم عرض البيانات الوصفية بالترابط مع عرض البيانات المكانية وبشكل متفاعل معها [(١)] .

**المقارنة بين نظامي البيانات النقطى Raster & الإتجاهى Vector :**

يختلف نظامى البيانات Vector & Raster فى الفكرة والتركيب ولهذا السبب فهما يختلفان فى طريقة تعريف البيانات المكانية، وطريقة ربط البيانات الوصفية بالبيانات المكانية، ونوع الظاهرات التى تناسب كلا منهما، وفى الإستخدام الأمثل لكل منهما.

---

(1) Chang, k., Introduction to Geographic Information Systems, Second Edition, Singapore, 2004, p. 8 .

ويوضح الجدول التالى رقم (١) مقارنة بين النظامين موزعة على العمليات المذكورة.

جدول رقم (١) مقارنة بين نظام المعلومات الإتجاهي Vector

ونظام المعلومات النقطي Raster

| العملية | نظام المعلومات الاتجاهي Vector | نظام المعلومات النقطي Raster |
| --- | --- | --- |
| تعريف البيانات المكانية | استخدام أزواج من الاحداثيات | استخدام شبكة مربعات Grid كل مربع منها يعرف باسم Pixel قيمة البيكسل تشير إلى القيمة الوصفية. |
| تمثيل البيانات الوصفية | يمكن تمثيل أكثر من متغير. | يعبر عن متغير واحد فقط. |
| المساحة التخزينية | يحتاج مساحة صغيرة على الذاكرة ويتم معالجته أسرع (لأن عدد الخانات المستعملة لإدخال الخط أصغر). | يحتاج مساحة أكبر على الذاكرة وسرعة المعالجة أقل سرعة (لأن عدد الخانات المستعملة لإدخال الخط أكثر) |
| الاستخدام الأمثل | يستخدم بكثرة فى تمثيل الظاهرات المتقطعة Discrete Features مثل بيانات الكثافة، النسمة، مبنى، منشأة. | يستخدم بكثرة فى تمثيل الظاهرات المستمرة Continu-ous Features مثل بيانات المناسيب، الحرارة، التساقط، التربة. |
| أهم المميزات | قدرات تحليلية عالية لتحليل الشبكات. إخراج خرائط طباعتها ممتازة. | قدرة تحليلية عالية لتحليل السطوح وتحليل المرئيات الفضائية. |

**وظائف نظم المعلومات الجغرافية:**

تضم نظم المعلومات الجغرافية مجموعة من العمليات التى تجمع بين البيانات الرسومية والبيانات الوصفية معاً وتكون قادرة على إدراتها وعرضها وتحويلها وتحليلها مكانياً وإحصائياً وتصنيفها ونمذجتها وإخراجها على شكل خرائط ببعدين وثلاثة أبعاد.

ولا تتوفر عمليات نظم المعلومات الجغرافية كاملة وبالحجم نفسه في برامج الرسوميات، أو برامج التحليل الإحصائي حتى التي تتعامل مع بيانات جغرافية، وتعرف هذه العمليات بأنها عمليات مكانية تتم على قواعد بيانات جغرافية قادرة على الإجابة على مجموعة من الأسئلة مثل: أين؟، ماذا؟، متى؟ ماذا لو؟ ولكي نوضح ذلك نفترض - على سبيل المثال - أننا نقوم بدراسة توزيع خدمة إطفاء الحريق بحي المنتزة بمدينة الإسكندرية، ويستلزم ذلك طرح مجموعة من الأسئلة تتعلق بالدراسة مثل :

١- ماهو عدد مراكز اطفاء الحريق بحي المنتزة؟ فيعتبر هذا السؤال غير مكاني ويمكن الإجابة عليه دون الحاجة إلى بيانات لها مرجعية جغرافية.

٢- أين يقع مركز إطفاء سيدى بشر ؟ فيعتبر هذا السؤال مكاني لأن الإجابة عليه تعتمد على معلومات مرتبطة بالموقع الفلكي أو الموقع الجغرافي. وتعتمد الإجابة على تحديد إحداثيات المركز، وتحديد موقعه بالنسبة للمراكز الأخرى، أو بالنسبة لبعض الظاهرات المكانية الأخرى.

٣- ماهي المسافة بين مركز اطفاء سيدى بشر، ومركز اطفاء المندرة؟ فنعتبر هذا السؤال مكاني لأن الإجابة عليه تعتمد على تحديد خط الاتصال بين المركزين، وعلى موقع كل منهما.

٤- ماهو أقصر طريق بين مركز إطفاء سيدى بشر وشياخة المندرة قبلي، فنعتبر هذا السؤال مكاني لأن الإجابة عليه تعتمد على تحديد شبكة الطرق وخصائصها.

٥- ما هو موقع مركز اطفاء المندرة؟ فنعتبر هذا السؤال مكاني ووصفي في الوقت نفسه لأن الإجابة عليه تعتمد على تحديد الإسم، أو الرقم البريدى، أو الإحداثيات الجغرافية له.

٦- ماذا إذا أضيف مركز إطفاء جديد في موقع ما؟ والإجابة على هذا السؤال تعتمد على بيانات مكانية وغير مكانية ومن المحتمل أن تحتاج إلى قوانين رياضية أو صيغ إحصائية تقيس التوقع .

وصممت نظم المعلومات الجغرافية لتكون قادرة على الإجابة عن تلك الأسئلة المكانية وإنتاج الإجابات على شكل معلومات مكانية فى طبقات معلوماتية جديدة .

ويمكن حصر وظائف نظم المعلومات الجغرافية فى ثمانى وظائف أساسية :

| | |
|---|---|
| ١- إدخال البيانات | Data Input |
| ٢- إدارة البيانات | Data Management |
| ٣- عرض البيانات | Data Display |
| ٤- إستكشاف البيانات | Data Exploration |
| ٥- تحويل البيانات | Transform Data |
| ٦- تحليل البيانات | Data Analysis |
| ٧- النمذجة | Modelling |
| ٨- إخراج البيانات | Data Output |

**أولا: إدخال البيانات Data Input**

وهى عملية تحويل البيانات من شكلها العادى إلى شكل يمكن إستخدامه فى نظم المعلومات الجغرافية [1]، وبمعنى آخر إلى شكل يستطيع أن يتعامل معه الحاسب الآلى، ويتم إدخال البيانات المكانية إلى الحاسب الآلى من مصادرها الورقية (الخرائط، الصور الجوية ) لتصبح أشكال رقمية عن طريق الترقيم اليدوى باستخدام المرقمات Digitizers أو عن طريق المسح الضوئى باستخدام الماسح الضوئى Scanner، ويتم حفظها فى ملفات رسومية. وتحتاج البيانات المكانية التى تم ترقيمها وحفظها إلى عمليات تحرير الشفافات (الطبقات) Layeres وترتيبها، واستعدالها بما يتناسب مع المواقع الحقيقية لتلك البيانات على سطح الأرض عن طريق ربطها بالأحداثيات الجغرافية.

---

(1) Aronoff, S., Geographic Information Systems: a Management Perspective. WDL Publications, Ottwa, Canada 1989 .

(2) Heywood, I, & Others , op, cit, p. 17 .

ولاستكمال قاعدة البيانات فى نظم المعلومات الجغرافية يجب إدخال البيانات الوصفية وترقيمها وتحريرها أيضا. وتكوين البيانات الوصفية على هيئة جداول، أو صور، أو مادة فيلمية، ويتم ربط البيانات الوصفية بالبيانات المكانية عن طريق مفتاح أو كود التعريف الذى يكون مشترك بينهما (ID) وذلك حتى تكون متفاعلة مع البيانات المكانية عند عرضها أو استرجاعها أو تعديلها. وتعد عملية إدخال البيانات أكثر عمليات نظم المعلومات الجغرافية تكلفة واستهلاكاً للوقت، وتقدر تكلفة عمليات إدخال البيانات بما يتراوح بين ٥، ١٠ مرات ضعف قيمة البرامج والأجهزة [٢].

### ثانيا: إدارة البيانات Data Management

ويقصد بها تخزين البيانات داخل النظام، وتنظيمها، واسترجاعها، وتشمل عمليات تحرير الجداول وتنسيقها، وإجراء العمليات الحسابية عليها، وإجراء عمليات إدارة قواعد البيانات مثل Intersection، والاتحاد Uonion التجميع Disolve والدمج Merge، والقص Clip.

### ثالثاً: عرض البيانات Data Display

وتشمل عرض البيانات المكانية والبيانات الوصفية، وعرض البيانات الوصفية بيانياً (على شكل أعمدة، منحنيات، دوائر وغيرها من الرسوم البيانية)، وإعداد الخرائط للطباعة بتصميم عناصرها (الإطار، العنوان، مقياس الرسم، إتجاه الشمال، المفتاح، المصدر، رموز الخريطة، الألوان المستخدمة، وغيرها من المعلومات التى سوف تشملها الخريطة). ويؤدى التصميم الجيد للخريطة The Layout إلى سهولة استخدامها وعدم تشوه معلوماتها.

### رابعاً: استكشاف البيانات Data Exploration

وهى عملية تسبق تحليل البيانات يتم من خلالها فحص البيانات المكانية والوصفية وعمل الاستفسارات اللازمة قبل التحليل، ويتم خلالها عرض البيانات بشكل متفاعل يربط بين الخرائط والرسوم والجداول معاً مما يزيد من استيعاب

المستخدم لعمليات معالجة وتحليل البيانات وتحديد العلاقات الممكنة بين الظاهرات، والاستفسار عنها.

**خامساً: تحويل البيانات Transform Data**

وهى عملية هامة تسبق تحليل البيانات ويتم من خلالها تصحيح الأخطاء الناتجة عن ترقيم البيانات، وتغيير مسقط الخريطة Map Projection وتحويل شفافات البيانات المكانية من نوع إلى آخر، والتحويل من النظام المعلوماتى الإتجاهى Vector إلى النظام المعلوماتى النقطى والعكس.

**سادساً: تحليل البيانات Data Analysis**

وتعد من أهم وظائف نظم المعلومات الجغرافية فهى المرحلة التى سوف يتم إتخاذ القرار بناءً على نتائجها، وفيها يتم إنشاء مجموعة جديدة من الخرائط تعرض أشكال نتائج التحليل المتعددة تضاف إلى قاعدة البيانات الجغرافية وتصبح شفافات (طبقات) جديدة يمكن الربط بينها وبين بعضها أو بينها وبين مراحل أخرى متقدمة من التحليل المكانى مثل التحليل ثلاثى الأبعاد.

وتشمل عمليات التحليل كل من البيانات النقطية Raster والبيانات الاتجاهية Vector، وتتخصص بعض العمليات فى تحليل نوع واحد فقط من البيانات، أو تكون أكثر مناسبة له، وفى هذه الحالة يجب على الباحث أن يكون على دراية باستخدام التحليل الأنسب لنوع البيانات الأنسب، الأمر الذى يجعله يقوم بانشاء ملفاته المكانية بما يتناسب مع أساليب التحليل التى سوف يختارها قبل أن يبدأ عمليات التحليل.

وتتناول عمليات تحليل البيانات المكانية بأشكالها المختلفة (النقطة، الخط، المساحة)، ويمكن اجراء التحليل على طبقة معلوماتية واحدة تشمل ظاهرة مكانية واحدة، أو إجراؤها على طبقات معلوماتية متعددة لظاهرات نقطية فقط، أو خطية فقط، أو مساحية فقط، أو اجراؤها على طبقات معلوماتية متعددة لظاهرات مكانية مختلفة النوع، كأن يتم تحليل طبقتين الأولى نقطية والثانية خطية، أو الأولى حطية

والثانية مساحية، وهكذا ..، فآلية نظم المعلومات الجغرافية تسمح بذلك بكل سهولة.

تتعدد أساليب التحليل المكانى فى نظم المعلومات الجغرافية، وهى تستخدم مجموعة من الصيغ الاحصائية والرياضية فى تفسير التوزيع المكانى للظاهرات، والربط بينها وبين الظاهرات المجاورة لها، والمحيطة بها. واستنباط النتائج منها لتقييم العلاقات المكانية بين الظاهرات، وتظهر النتائج على شكل بيانات مكانية جديدة تحمل المدلول المكانى الجديد الذى يعد محصلة تلك العلاقات المكانية.

وتتناول أساليب التحليل المكانى تحليل الموقع، المسافة، المساحة ، الكثافة، التركز والتشتت، والتجاور . كما تتناول تحليل ظاهرات السطح من حيث التوزيع، والانحدار، واتجاه الانحدار، وتقوس السطح، ومدى رؤية الظاهرات والمواقع، الجريان المائى واتجاهات تدفقه، وغيرها .. ، كما تتناول تحليل الظاهرات المناخية وانتاج خرائط المناخ ، وخرائط التلوث، وخرائط خطوط التساوى سواء المعتمدة على البيانات الطبيعية أو على البيانات البشرية. كما تتناول تحليل شبكات المياة والكهرباء والغاز، وشبكات الطرق والمواصلات، وشبكات الرى والصرف وغيرها ، وتتناول أيضاً تحليل توزيع استخدامات الأرض وأنواعها والتغيرات المستمرة فيها، وإعادة تصنيفها بما يتوافق مع توزيع ظاهرات أخرى، أو مع مرور الوقت. كما يمكنها عمل التحليل الثلاثى الأبعاد للظاهرات التضاريسية بما يحقق مميزات كثيرة للرؤية الميدانية وادراك التغير فى انحدار سطح الأرض واتجاهه.

**سابعاً: النمذجة Modelling:**

النموذج هو تمثيل بسيط للظاهرة أو النظام يوضح المراحل المختلفة لتطور الظاهرة وعلاقتها بالمتغيرات المكانية وغير المكانية التى تؤثر فيها وتتأثر بها وإعادة تصنيف تلك العلاقات ونتائجها. وتستخدم نظم المعلومات الجغرافية فى بناء ثلاثة أنواع من النماذج للبيانات الجغرافية هى :

١- النموذج الواقعى (الحقيقى) Real Model ويوضح هذا النموذج صورة واقعية

١- النموذج الواقعى (الحقيقى) Real Model ويوضح هذا النموذج صورة واقعية لتطور الظاهرة والعوامل المؤثرة فيها.

٢- النموذج الدائرى Cyclical Model ويوضح العلاقات المتبادلة بين الظاهرة والظواهر الأخرى.

٣- النموذج الرياضى Mathematical Model وهى صيغ ومعادلات حسابية وإحصائية تقوم بحساب العلاقات بين الظاهرة والظواهر الأخرى وحساب القيم المتوقعة لتلك العلاقات فى المستقبل.

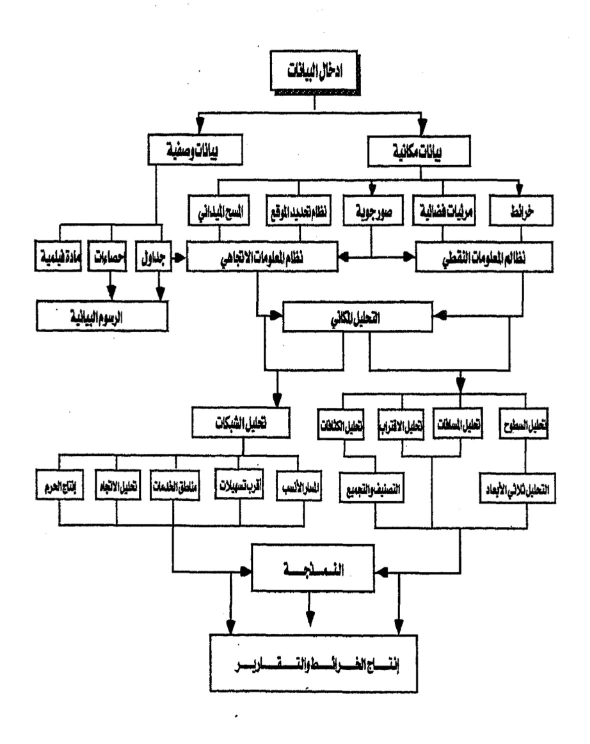
**ثامناً: اخراج البيانات Data output:**

يعتمد نوع المعلومات التى تخرجها نظم المعلومات الجغرافية على المستخدم والهدف من بناء النظام، وقدرة البرنامج المستخدم فى الإخراج، ومعظم مخرجات نظم المعلومات الجغرافية تكون من الخرائط، الجداول، التقارير.

فعلى سبيل المثال يحتاج بعض الكُتاب إلى جداول ورسومات بسيطة وخرائط سهلة، فى حين يحتاج متخصصى علم الخرائط إلى تفاصيل كثيرة فى الخرائط المنتجة من النظم، ويحتاج المخططون إلى تفاصيل أكثر فى الخرائط، وطبقات معلوماتية متعددة تساعدهم على اتخاذ قراراتهم، ويحتاجون أيضاً إلى تقارير تساعدهم على التوقع المستقبلى لخطط التنمية.

وتضم نظم المعلومات الجغرافية أدوات متعددة لتصميم واعداد الخرائط بعناصرها الكاملة (عنوان - مفتاح - اتجاه شمال - مقياس رسم... وغيرها)، كما تضم وظيفة هامة جداً للتحكم فى التفاصيل التى تحتويها الخرائط، وهى التعميم Generalization حيث يتم التحكم فى قاعدة البيانات المكانية لعرض تفاصيل أكثر أو أقل على الخرائط بالتوافق مع تغير مقياس رسم الخريطة.

فعلى سبيل المثال عند إخراج خريطة الشرق الأوسط من قاعدة بيانات العالم ففى هذه الحالة لن تظهر المدن المصرية الصغيرة فى الخريطة، لكن حين يتم تكبير مقياس الرسم ليظهر اقليم الدلتا فى مصر ففى هذه الحالة تظهر




شكل رقم (٢) وظائف نظم المعلومات الجغرافية

المـدن المصرية الصغيرة بالرغم من عدم تغير قاعدة البيانات الجغرافية فى الحالتين.

وبالمثل عند إخراج خريطة لأحد الأنهار بمقياس رسم صغير سوف تختفى المنحنيات والتعرجات وتفاصيل المجرى، وفى حالة تكبير مقياس رسم الخريطة فسوف تعود المنحنيات والتعرجات وتفاصيل المجرى إلى الظهور.

**مستقبل نظم المعلومات الجغرافية:**

يتضح من العرض السابق مدى التقدم فى آلية البيانات المكانية والوظائف التى تقوم بها نظم المعلومات الجغرافية فى ادارتها وتحليلها واخراجها، فقد تقدمت عمليات تحويل الخرائط إلى بيانات رقمية متعددة التركيب ذات فعالية تحليلية كبيرة، وأمكن تخزين مجموعة هائلة من البيانات الجغرافية يمكن استرجاعها وعرضها والاستفسار عنها فى وقت ضئيل جداً، ويمكن أيضاً الحصول عليها بسهولة من الهيئات والمنظمات وعبر شبكة الانترنت، وأمكن للبرمجيات الحالية التأثير فى التحول فى إدارة البيانات وتحليلها إلى طرق آلية كثيرة بدلاً من الطرق التقليدية.

ويعكف المهتمون بنظم المعلومات الجغرافية وبرمجياتها على الوصول إلى درجات عالية من الدقة، والتعامل مع أنواع متعددة من البيانات المكانية المعرفة جغرافياً عن طريق الاحداثيات الجغرافية، وأنسب شكل يتوافق مع الشكل الحقيقى للأرض، وأنسب طرق الاسقاط لها، وتحقيق تفاعل وترابط أكثر بين البيانات الجغرافية بأنواعها، وتبسيط عمليات التحليل بينها. وبذلك يكون من محصلة تلك الجهود سهولة أكبر، وتكلفة أقل، ومنفعة أعظم عند استخدام نظم المعلومات الجغرافية، مما يؤهل لزيادة تطبيقات استخدامها فى مجالات متعددة، الأمر الذى يجعلنا نهتم بتدريسها وتعلمها، والحرص على التواصل معها ومعرفة كل ما هو جديد فيها.

ولقد تحقق فى الوقت الحاضر الكثير من التقدم فى الحصول على البيانات

الرقمية، فقد أصبح متاحاً بهيئات المساحة المدنية والجيولوجية، وبعض المنظمات المهتمة بانتاج قواعد البيانات المكانية مثل هيئات الأرصاد الجوية، والنقل والمواصلات، والاستشعار من بعد، المساحة الجوية، والمساحة البحرية، وإدارات الموانئ والتخطيط، ودواوين المدن الكبرى وغيرها، أصبح متاحاً الحصول على بيانات رقمية بمقاييس مختلفة، ومحفوظة على ملفات متوافقة مع نظم المعلومات الجغرافية ، وبأسعار مخفضة أو مناسبة، وبأحجام مختلفة.

كما اهتمت كثير من بيوت المال وإدارة الأعمال، وهيئات الاتصالات، وخدمات التوزيع، وخدمات الترفية، بالاضافة إلى المراكز العلمية البحثية بإرسال مندوبيها للانضمام إلى دورات تدريبية فى نظم المعلومات الجغرافية، لرفع كفاءتهم والاستفادة من أساليبها فى إدارة أعمالهم وأبحاثهم.

كما تطور إنتاج الحواسب الالية الشخصية بشكل كبير وارتفعت سعتها وانخفضت أسعارها وزادت قدرتها التحليلية، وقدرتها على عرض البيانات واستخراجها، كما تطورت برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وأضيف لها خصائص جديدة مرتبطة باللغة، وطرق الحفظ، وعرض واسترجاع وتحليل البيانات، وزاد توافقها مع برمجيات الاحصاء والجداول الالكترونية، والبرامج الرسومية وبخاصة أنظمة CAD، وزاد حجم السوق لتلك البرمجيات حيث انتشر استخدامها والتدريب عليها.

وعلى الرغم من تلك التطورات فى إمكانيات نظم المعلومات الجغرافية واستخدامها من قبل جهات متعددة ومختلفة الأغراض، إلا أنه يمكن القول بأن نظم المعلومات الجغرافية تحتاج إلى العديد من الاجراءات التى تجعلها ترتقى لاستخدام بيانات البعد الثالث (الرؤية المجسمة) والبعد الرابع (اضافة البعد الزمنى)، التى لازال استخدامها محدود حتى الان، بالإضافة إلى بيانات الوسائط المتعددة Multimedia باستخدام الصور والأشكال، والصوت، وأفلام الفيديو، التى لازال استخدامها محدوداً فى نظم المعلومات الجغرافية.

وتعد تقنية تحديد المواقع العالمية The Global Positioning System (GPS) من أهم التقنيات التى تعتمد عليها نظم المعلومات الجغرافية كمصدر من مصادر البيانات، فهذه التقنية تتطور بشكل سريع الآن ، وأصبحت متاحة للعديد من الاستخدمات، وبخاصة أن أحجام أجهزتها أصبحت أقل حجماً، وتكلفتها أقل سعراً، وذاكرتها أكبر سعة، مما يؤهل التوسع فى استخدامها فى جمع البيانات الحقلية، وقد زاد من أهميتها أنه يمكن ربطها بأجهزة الكترونية محمولة، مثل التليفون المحمول، الحاسب الآلى المحمول، المفكرات الالكترونية المحمولة ، كما أنها تحفظ بياناتها فى ملفات متوافقة تماماً مع نظم المعلومات الجغرافية وبرمجياتها، الأمر الذى ينبئى بزيادة الاعتماد عليها فى المستقبل كمصدر للبيانات المكانية بتكامل واضح مع نظم المعلومات الجغرافية.

إذن يمكننا أن نطرح بعض التساؤلات التى سوف تشكل الإجابة عليها مستقبل نظم المعلومات الجغرافية ، فهل من الممكن أن تكون نظم المعلومات الجغرافية نظم ثلاثية الأبعاد ؟ أو رباعية الأبعاد ؟ وهل من الممكن تصميم نماذج بيانات جديدة بخلاف نظامى Vector / Raster ؟ ، وهل من الممكن تصميم طريقة أخرى لتمثيل المكان بخلاف الخريطة ؟ ، وهل من المكن أن تستخدم أساليب تحليل ونمذجة توضح التفاعل بين الظاهرات بشكل أفضل ؟ هذه التساؤلات تطرح ما يمكن أن يكون عليه مستقبل نظم المعلومات الجغرافية .

ولأن مسار التطور الإلكترونى فى الآونة الأخيرة أصبح سريعًا ، فقد ظهر ما يعرف بنظم المعلومات الجغرافية المفتوحة Open GIS ، ودشنها إتحاد عالمى مكون من ٣٣٣ شركة ووكالة حكومية وجامعات دولية يسمى Open Geospatial Consortium (OGC) ، ويطرح من خلالها خدمات الحلول السريعة على صفحات الويب بشبكة الإنترنت، وتقدم – بدون قيود – معلومات مكانية وخدمات تحليلية مجانية لأى نوع من التطبيقات بدقة عالية جداً وباستخدام برامج خاصة أنتجها

OGC's Open GIS . وتشكل هذه الخدمات المجانية خطورة على برمجيات نظم المعلومات الجغرافية المتاحة بالأسواق قد تتسبب فى كسادها وافلاس شركاتها [١] .
وشهدت الآونة الأخيرة ثورة معلوماتية هائلة على شبكة الإنترنت، عبر المتصفحات العملاقة التى تطرح بيانات خرائطية لا حصر لها مثل Google Maps ، Yahoo ! Maps ، Rand McNally ، وتوفر هذه المتصفحات عبوراً لصفحاتها للحصول على بيانات جغرافية لا حصر لها متمثلة فى الخرائط والصور الجوية والصور الفضائية بمقاييس متعددة ، كما توفر متصفحات Google Maps محرك API الذى يؤهل المستخدم لعمل تطبيقات مختصرة ترتبط بخرائط الطرق والصور الجوية والمرئيات الفضائية ، التى يستفيد منها الباحثين والدارسين والمهتمين فى مجالات التخطيط والطرق .

وقد قامت العديد من الشركات المتخصصة فى مجال نظم المعلومات الجغرافية بنشر العديد من الأبحاث والدراسات، وعمل دورات تدريبية مجانية مفتوحة على شبكة الإنترنت تؤهل الأفراد للدراسة والتدريب والإستفادة من التطبيقات المتعددة ، ومن تلك التطبيقات ESRI's ArcIMS ، ArcGIS server ، Autodesk's ، Mapguide ، SeaTrails' AtlasAlive .

### تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية:

أصبحت نظم المعلومات الجغرافية تقنية يعتمد عليها مجموعة كبيرة من التخصصات، فعلى الرغم من أنها انشئت على أيدى المخططون ومديرو المواقع إلا أنها انتقلت إلى العديد من التخصصات، ويخطئ من يعتقد أن هذه التقنية قاصرة على دارسى الجغرافيا وباحثيها فقط، ولكن نتيجة ارتباطها بالمعلومات المكانية عرفت بأنها نظم جغرافية نسبة إلى نوع البيانات المعتمدة عليها لا إلى علم

(1) Wikipedia Encyclopedia, Geographic Information Systems, http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic information system, 30/5/2007, 02 : 41 : 36 Pm.

الجغرافيا. فيستخدمها الجغرافيون وغير الجغرافيين ونستعرض فيما يلى أهم التطبيقات التى تستخدم فيها نظم المعلومات الجغرافية.

**أولاً: مجال حصر الموارد واستخدامات الأرض:**

ويضم هذا المجال التطبيقات التالية:

١- حصر الموارد الطبيعية والبشرية واستثمارها.

٢- احصاءات السكان والمبانى والمنشآت.

٣- توزيع استخدامات الأرض وتحليل تغيرها المكانى والزمنى.

٤- توزيع الخدمات بأنواعها وتحليل نطاقات الخدمة.

٥- الأنشطة الاقتصادية.

٦- الضرائب والأملاك.

**ثانياً: مجال إنتاج الخرائط:**

ويضم هذا المجال التطبيقات التالية:

١- الخرائط الچيولوچية.

٢- خرائط موارد الطاقة والتعدين.

٣- خرائط الموارد المائية (الخريطة الهيدرولوچية).

٤- خرائط الطقس والمناخ.

٥- الخرائط الطبوغرافية.

**ثالثاً: مجال الإدارة:**

ويضم هذا المجال التطبيقات التالية:

١- إدارة المواقع (الموانئ بأنواعها - مراكز الطوارئ - الأسواق - وغيرها).

٢- إدارة المرافق والشبكات (المياه - الطاقة - الصرف الصحى - الطرق - الرى والصرف.. وغيرها) والتحكم فى الأعطال.

٣- إدارة الكوارث والأزمات (الحرائق - انتشار الأوبئة - تسرب المواد الحارقة - الزلازل - الأخطار البيئية) .

٤- مكافحة الجريمة.

٥- مكافحة التلوث.

٦- إدارة الموارد الطبيعية مثل الغابات، المحميات، التربة، الحياة البرية) .

**رابعاً: مجال التخطيط:**

ويضم هذا المجال التطبيقات التالية:

١- تخطيط المدن.

٢- توزيع استخدامات الأرض ومستقبلها.

٣- التخطيط الاقتصادى.

٤- الأســـواق.

**الخلاصة :**

نخلص من دراسة ماهية نظم المعلومات الجغرافية إلى مجموعة من النتائج الهامة نستعرضها فيما يلى:

١- تعد نظم المعلومات الجغرافية GISystem تقنية رقمية آلية تستخدم لادخال وتخزين وعرض واسترجاع ومعالجة وتحليل وتصنيف ونمذجة البيانات الجغرافية.

٢- يمثل علم المعلومات الجغرافية GIScience الأساس النظرى لنظم المعلومات الجغرافية GISystems وهو العلم الذى يقف خلفها.

٣- يتكون أى نظام معلومات جغرافى من خمسة مكونات أساسية هى: أجهزة الحاسب الآلى، برامج نظم المعلومات الجغرافية، البيانات، إدارة البيانات، الأفراد.

٤- صممت برامج نظم المعلومات الجغرافية للتعامل مع البيانات المكانية التى

تعرف عن طريق معلومات الموقع والشكل الهندسى له بالإضافة إلى مجموعة بيانات وصفية تحدد خصائصها.

٥- توجد البيانات المكانية فى ثلاث صور أساسية هى: النقطة، الخط، المضلع (المساحة)، وهى تتوزع على شكلين أساسيين، الأول رسومى والثانى وصفى.

٦- يتم تعريف البيانات المكانية إلى نظم المعلومات الجغرافية بنظامين أساسيين هما: نظام المعلومات الاتجاهى ونظام المعلومات النقطى وهما يختلفان فى الفكرة والتركيب وكل منهما يناسب أنواعاً معينة من الظاهرات، ويرتبط بالبيانات الوصفية بطريقة مخالفة للآخر.

٧- تعد عملية ادخال البيانات أكثر عمليات نظم المعلومات الجغرافية تكلفة واستهلاكاً للوقت فتحتاج البيانات المكانية إلى ترقيم وحفظ وتحرير وترتيب واستعدال. كما تحتاج البيانات الوصفية إلى جدولة وتكويد وربط بالبيانات المكانية، وكلها عمليات تحتاج إلى الدقة والخبرة فى ادخالها فهى الأساس الذى يبنى عليه النظام المعلوماتى الجغرافى.

٨- تعد عملية تحليل البيانات أهم وظائف نظم المعلومات الجغرافية حيث ترتبط القرارات المناسبة بنتائج التحليل. وتتعدد عمليات التحليل المكانى وغير المكانى وتتناسب مع كل من نظام المعلومات الاتجاهى والنقطى، وتشكل نتائجها الأساس الذى سوف يبنى عليه قرارات التخطيط والتنمية والتطوير والتوقع المستقبلى.

٩- تعتمد تخصصات متعددة ومختلفة الاتجاهات على نظم المعلومات الجغرافية فى دراستها وادارتها مثل مجالات حصر الموارد واستخدامات الأراضى، إنتاج الخرائط، الإدارة، التخطيط والتنمية.

http: // www. esri. com

http: // www3. autodesk. com

http: // www. mnplan. state. mn. us/EPPL7.

http: // www3. baylor. edu / grass /

http: // www. itc. nl/ilwis

http: // www. manifold. net

http: // www. mapinfo. com

http: // www. intergraph. com

http: // www. pcigeomatics. com

http: // www2. bentley. com

http: // www. tydac. ch

http: // www. caliper. com

http: // wnp. marconi. com

الفصل الثاني

# مفهوم التحليل المكاني وأساليبه

## مقدمة ..

يهتم علم الجغرافيا وتطبيقاته بالتوزيع الجغرافى للظاهرات على سطح الأرض، والبحث فى أسباب التوزيع والعوامل المؤثرة فيه، وقياس العلاقات الارتباطية بين الظاهرة المدروسة والظاهرات المجاورة لها، أو ا لبعيدة منها التى تربطها الى ظاهرة أو ظواهر أخرى، وتقسيم سطح الأرض إلى أقاليم ونطاقات لكل منها خصائص جغرافية معينة، وهو ما يشكل فى النهاية منظومة جغرافية محكمة، تشكل قاعدة بيانات جغرافية شاملة تمثل الأساس الذى تعتمد عليه صناعة القرار الأنسب للتخطيط والتنمية، والاستغلال الأنسب للموارد المتاحة.

ويستخدم الجغرافى مجموعة من أدوات القياس الميدانى، وأساليب القياس الكارتوجرافى، وأساليب القياس الكمى تساعده فى تفسير سلوك التوزيع الجغرافى للظاهرة المعنية، وفى تقييم العلاقات المكانية المتبادلة بينها وبين الظواهر الأخرى فى منطقة الدراسة، وفى الوصول إلى التصنيف الأنسب لخصائص الظاهرة المدروسة، وتكون المحصلة النهائية مجموعة من التقارير والخرائط والأشكال الرسومية التى تصنم اعتماداً على النتائج التى توصل إليها الباحث من جراء استخدامه لأدواته وأساليب القياس.

ولفترة طويلة ظل تطور الفكر الجغرافى مرهوناً بمدى زيادة القدرة على إدراك التغير المكانى والزمانى للظاهرات الجغرافية، واعتمدت زيادة القدرة على الادراك على زيادة أنواع الأدوات وأساليب القياس، التى تطورت بدورها تبعاً للتطور التكنولوجى الذى انتاب صناعة تلك الأدوات، والذى انتاب أيضاً مصادر البيانات الجغرافية، فتحولت قدرة الباحث من مجرد ملاحظات ميدانية، إلى دراسات ميدانية تستخدم فيها الآلات والأجهزة والأدوات لقياس الظاهرة ميدانياً، إلى دراسات تستخدم فيها الصور الجوية

فى تفسير توزيع الظواهر الجغرافية، وفى قياس أبعادها وأشكالها وكثافة توزيعها، إلى دراسات تستخدم المرئيات الفضائية فى التفسير والقياس وحصر الموارد المتاحة والتعرف على خصائصها.

وقد ساعدت تكنولوچيا الحواسب الآلية فى زيادة القدرة على تفسير التوزيع الجغرافى وتقييم علاقاته بشكل آلى سريع ودقيق، يتوافق مع الأنواع المتباينة من مصادر البيانات، وتقدمت كثيراً تقنية الاستشعار من بعد وأصبحت مصدراً رئيسياً موثوق به للبيانات الجغرافية، ومنحت الجغرافى مزيد من الوقت بسبب اختصارها للوقت فى عملياتها، ومزيد من التمحيص والتمعن بسبب ما تقدمه من صور دقيقة لسطح الأرض تشمل مناطق مأهولة وغير مأهولة، بغض النظر عن صعوبة الوصول إليها أو الاستقرار فيها، وبالتالى فقد أعطت المرئيات الفضائية الجغرافى مادة علمية جديدة لم يكن يعرفها من قبل، شكلت متغيراً جديداً وضعه فى الاعتبار عند الربط بين الظاهرات، والبحث عن العلاقات المكانية بينها.

وبدأ الجغرافى يعرف لأول مرة المعلومات الرقمية من خلال اعتماده على المرئيات الفضائية المسجلة على شرائط رقمية ممغنطة، ومن خلال تحليلها بواسطة الحاسب الآلى وبرمجياته، وكانت هذه بداية طفرة هائلة فى مصادر البيانات وتحولها إلى معلومات مفيدة، وتحليلها باستخدام برامج التحليل الرقمى للشكل Digital Image Analysis وبرامج التحليل الكارتوجرافى Computer Mapping، وشكلت المحصلة النهائية دراسات تفصيلية دقيقة يزداد فيها درجة الادراك والتمعن فى فهم التوزيع الجغرافى للظاهرات وتقييم العلاقات المكانية، بما يسهل ويدعم اتخاذ القرار.

وقد اتاحت تكنولوچيا نظام تحديد المواقع العالمية The Global Positioning System (GPS) بعداً آخر من أبعاد الحصول على المعلومات،

فأصبح من السهل خلالها تحديد المواقع وتعريفها جغرافياً، وتحديد مسارات السير والاتجاه، على هيئة بيانات رقمية Digital Data يسهل تخزينها واسترجاعها، فرفعت من كفاءة الدراسات الميدانية، وسهلت متابعة الظواهر المتحركة والثابتة معاً.

وبناءً على ما تقدم فإن الجغرافى اليوم يملك أدوات ذات قدرات تكنولوچية عالية تساعده فى وقت قصير وتكلفة أقل ودقة أعلى فى فهم التوزيع الجغرافى، وتفسير التغير المكانى والزمنى الذى ينتابه، وتقييم العلاقات المكانية بين الظاهرات، واستخلاص النتائج الدقيقة التى تدعم قرارات التخطيط والتنمية والاعداد للمستقبل.

وفى ظل هذه الطفرات العلمية التى قفزت بالجغرافيا وتطبيقاتها إلى مستويات مرتفعة الدقة تلقى ثقة المجتمع وهيئاته وتعتمد عليها سياساته ونظرته للمستقبل، فى ظل ذلك قدمت نظم المعلومات الجغرافية المنهج والأسلوب والأدوات والأساليب الآلية لجمع وتخزين البيانات من مصادرها وبخاصة الرقمية، ومعالجتها وتحليلها واستخلاص النتائج منها بصورة آلية تبدأ من تصميم مكوناتها وتنتهى بصياغه نتائجها على شكل تقارير وخرائط ونماذج تقدم لصانع القرار الأساس الذى يتخذ عليه قراره فى حالة ما إذا لم تكن قد عرضت أوتوماتيكياً القرار الأنسب.

كيف تتعامل نظم المعلومات الجغرافية مع مصادر البيانات؟ وكيف تنظم البيانات وتعدها للتحليل الأنسب؟ وكيف تستخرج البيانات بالشكل الأنسب. هذا هو دور مستخدم نظم المعلومات الجغرافية العقل المفكر للنظام، الذى لابد أن يكون مؤهلاً لإدارتها واستنباط النتائج من خلالها، وهذا ما نهدف إليه من خلال هذا الكتاب، هو التدريب على أساليب القياس والتحليل المكانى للمعلومات المكانية المجموعة من مصادر بيانات رقمية.

**العلاقات المكانية:**

يرتبط كل مظهر على سطح الأرض بغيره كان مجاوراً له أو بعيداً عنه، وتتباين مستويات العلاقات الترابطية بين الظاهرات، فهى تكون قوية أو ضعيفة، طردية أو عكسية، شاملة أو محلية، مؤقتة أو دائمة، تبعاً لتباين مكوناتها وخصائص عناصرها، فالتغير الذى ينتابها هو محصلة التغير فى ظواهر أخرى مكانية وزمانية، ويؤثر هذا التغير فى غيرها من الظاهرات الجغرافية الأخرى المرتبطة معها فتتغير هى الأخرى، وتصبح الظاهرات الجغرافية على سطح الأرض فى حالة متغيرة بإستمرار بمرور الزمن، وتغير قيمة المكان.

ويشعر الجغرافى بالتغير الذى انتاب الظاهرة بقوة الملاحظة الميدانية، أو بتحويل خصائص الظاهرة إلى قيم كمية يمكن استخدامها احصائياً فى قياس العلاقات الارتباطية، أو باستخدام خصائصها احصائياً فى قياس العلاقات الرتباطية، أو باستخدام خصائصها المكانية من الموقع والشكل والحجم والمساحة والأبعاد والحدود والمحيط والامتداد، وما يحيط بها من ظاهرات أخرى لكل منها خصائصها المكانية المستقلة فى تقييم التغير فى خصائص الظاهرات، فالظاهرة لا تتغير منفردة ولكنها محصلة التغير الذى ينتاب الظواهر الأخرى، كما أنها تؤثر بدورها فى تغير الظواهر الأخرى.

فالعلاقات المكانية علاقات غير منعزلة، متشابكة ومعقدة، ترتبط بمجموعة كبيرة من القياسات المكانية التى تفسر سلوك العلاقة، ومستوى قوتها، ومدى ارتباطها بظاهرات مجاورة أو بعيدة عنها، ومدى ارتباطها بالتنظيم المكانى للسطح الجغرافى.

**التحليل المكاني Spatial Analysis:**

هو أسلوب لقياس العلاقات المكانية بين الظاهرات اعتماداً على قياسات الموقع والشكل والأبعاد والمساحات والاتجاهات والمجاورة والمطابقة والارتفاع والانخفاض والتصنيف والتجميع والترتيب. بغرض تفسير العلاقات المكانية والاستفادة منها، وفهم أسباب وجود وتوزيع الظاهرات على سطح الأرض، والتنبؤ بسلوك تلك الظاهرات فى المستقبل.

وتتباين أساليب التحليل المكانى تبعاً لنوع الظاهرات المدروسة، فمنها ما يناسب توزيع الظاهرات النقطية لقياس التوزيع، والمسافة بينها، والمساحة، والكثافة، والتركز أو التشتت وعلاقتها بالظاهرات المجاورة، ومنها ما يناسب توزيع الظاهرات الخطية لقياس التوزيع، وأطوال الخطوط، والمساحة التى تخدمها، وكثافتها، وكفاءتها، واتجاهاتها، وأوزانها، ومنها ما يناسب الظاهرات المساحية لقياس مساحاتها ومحطياتها، وأنواع الظاهرات الموزعة بداخلها، والتغير المكانى والزمنى لها، وتعديل استخداماتها، واضافة مساحات أخرى إليها أو خصمها منها.

وتتباين أساليب التحليل المكانى الرقمى تبعاً لتباين نموذج البيانات الرقمية المستخدم فى توقيع الظاهرات الجغرافية (النقطى Raster أو الاتجاهى Vector) فلكل منهما عمليات تحليلية تناسب تركيبها، وتنظيمها، وترتيبها، وحجم بياناتها، وتنوع صفاتها، وتصلح بعض أساليب التحليل المكانى فى تحليل البيانات المصممة إما بالنظام النقطى Raster أو بالنظام الاتجاهى Vector، ولكن على الرغم من تشابه المقياس المستخدم فى التحليل بينهما إلا أن طريقة وخطوات التحليل تختلف فى كل منهما.

**أساليب التحليل المكاني:**

تتنوع أساليب التحليل المكانى المستخدمة فى نظم المعلومات الجغرافية وهى تتوزع لتناسب أنواع الظاهرات المطلوب تحليلها، فمنها ما يناسب تحليل البيانات النقطية مثل الفنادق، المصانع، الآبار، مراكز التسوق، المطاعم، المستشفيات، مراكز الاسعاف، مراكز اطفاء الحريق، المدارس، الجامعات، المطارات، مراكز الترفيه، محطات الأرصاد الجوية، نقط المناسيب، محطات الرصد البيئى، البراكين، وغيرها من الظاهرات النقطية.

ومن أساليب التحليل المكانى ما يناسب تحليل البيانات الخطية مثل الطرق بأنواعها، خطوط الملاحة الجوية والبحرية، القنوات المائية من الانهار والترع والمصارف، وشبكات المياه، الكهرباء، الغاز، الصرف الصحى، الحدود السياسية، خط الساحل، خطوط الفوالق والانكسارات، المسارات السياحية وغيرها من الظاهرات الخطية.

ومن أساليب التحليل المكانى ما يناسب تحليل البيانات المساحية مثل نطاقات استخدام الأرض (السكنى، الصناعى، الزراعى، التجارى، الصحى، التعليمى، السياحى، المساحات الخضراء، المساحات الفضاء، ونطاقات التضاريس، ونطاقات التربة، النبات الطبيعى (الغابات، الحشائش، الصحارى)، ونطاقات المحاصيل المزروعة، وغيرها من الظاهرات المساحية.

ويُحول مستخدمى نظم المعلومات الجغرافية بياناتهم الممسوحة رقمياً إلى ملفات موزعة على نموذجى البيانات النقطية Raster أو الاتجاهية Vector ، بما يتناسب مع البنيانات المستخدمة فى تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، ومن الممكن التحويل بينهما إذا تطلب الأمر ذلك. وتتباين أساليب التحليل المكانى تبعاً لاختلاف نموذج البيانات المحفوظة عليه، فمنها ما يناسب

نموذج البيانات النقطية Raster مثل بيانات المرئيات الفضائية على سبيل المثال، ومنها ما يناسب نموذج البيانات الاتجاهية مثل بيانات الشبكات Network على سبيل المثال، ومن أساليب التحليل المكانى ما يمكن استخدامه فى تحليل البيانات بنموذج البيانات النقطية Raster أو نموذج البيانات الاتجاهية Vector، وفيما يلى نستعرض أنواع أساليب التحليل المكانى موزعة على كل حالة.

**أولاً: أساليب التحليل المكاني للبيانات الاتجاهية Vector:**

يعتمد هذا النظام على تحديد الظاهرات بواسطة احداثياتها الأفقية والرأسية، ويناسب هذا النظام تحليل الشبكات Network Analysis بشكل أساسى، ويشمل ذلك شبكات المجارى المائية وشبكات مرافق المياه والكهرباء والغاز والصرف الصحى، شبكات الاتصالات الهاتفية. وكذلك الخدمات التى لها علاقة بتلك الشبكات مثل خدمات الطوارئ مثل الاسعاف، اطفاء الحريق، الدفاع المدنى، الأمن، الصيانة، حيث تتطلب هذه الخدمات تحديد المسار الأنسب لها وسرعة الوصول إلى موقع الحدث. ونستعرض فيما يلى أنواع أساليب التحليل المكانى التى تناسب نموذج البيانات الاتجاهية Vector.

**١- إنتاج الحرم Buffering:**

وتعنى هذه العملية انشاء نطاق له اتساع ثابت حول نقطة أو خط أو مساحة فى خريطة واحدة، وتكون المحصلة انشاء خريطة جديدة تحتوى على الظاهرة والحرم الذى يحيط بها، فإذا كانت الظاهرة نقطية يكون الحرم نطاق دائرى يحيط بالنقطة، وإذا كانت الظاهرة خطية يكون الحرم نطاق طولى يحيط بالخط، وإذا كانت الظاهرة مساحية يكون الحرم نطاق مساحى خارجى يحيط بالمساحة الأصلية.

٢- تحليل الشبكات Network Analysis:

ويتم خلالها تحديد المسار الأنسب The best Route وهو المسار الأنسب الذى يؤدى إلى مواقع معينة، أو من موقع معين إلى موقع آخر معين خلال الشبكة، وقد يكون المسار الأنسب هو المسار الأقرب The Shortest Route، أو المسار الأسرع The Qaickest route. كما يتم من خلالها تحديد أقرب تسهيلات The Closest Facility مقدمة لأى موقع داخل الشبكة، كأن يحدد أقرب الخدمات المتاحة لموقع ما على الشبكة. كما يتم من خلالها تحليل الاتجاه Directions Analysis وفيه يتم انتاج المسارات التى يمكن تتبعها عند التحرك من موقع إلى آخر من مواقع الشبكة.

٣- معالجة الخرائط Maps Manipulation:

وهى مجموعة من العمليات التى تجرى داخل الخريطة لإنتاج خريطة جديدة لها خصائص وبيانات وصفية جديدة، وهى عمليات التلاشى Dissolve، القطع Clip، الاندماج Merge، الاختيار Select، الحذف Eliminate، التحديث Update، المسح Erase، التقسيم Split.

ثانياً: أساليب التحليل المكاني للبيانات النقطية Raster:

يعتمد نموذج البيانات النقطية Rasterعلى تحديد الظاهرات بواسطة وجودها داخل شبكة من المربعات Pixels (متساوية المساحة) تمثل منطقة الدراسة وبحيث يهتم تمييز الظاهرة داخل الشبكة عن طريق إعطاء قيمة واحدة لها تسجل داخل المربعات التى تحتلها الظاهرة، أما باقى المربعات الخالية منها فإما أن تأخذ قيمة واحدة لها تسجل بداخلها تشير إلى عدم وجود الظاهرة المدروسة فيها، أو تأخذ قيم أخرى تعبر عن وجود ظاهرات أخرى بداخلها. ويعتمد التحليل المكانى للبيانات النقطية Raster عند اجراء العمليات

الحسابية الخاصة به على القيمة الموجودة داخل المربع (الخلية Cell) فى شبكة البيانات النقطية للخريطة المستخدمة فى التحليل وهى القيمة التى تعبر عن نوع الظاهرة، أو كميتها. وبعد انتهاء عملية التحليل المكانى سوف تنتج خريطة جديدة أو شبكة مربعات جديدة (لها الأبعاد نفسها والمساحة نفسها) تمثل البيانات المخرجة ومسجل بكل خلية فيها قيمة جديدة تمثل محصلة عملية التحليل المكانى. ونستعرض فيما يلى أنواع أساليب التحليل المكانى التى تناسب نموذج البيانات النطقية Raster.

**١- عمليات موضعية Local Operations:**

وهى عمليات حسابية تتم على الخلايا ذاتها داخل شبكة المعلومات النقطية (الخريطة) المستخدمة فى عملية التحليل، مثل عمليات الحساب المنطقية مثل الجمع، الطرح، الضرب، القسمة، وعمليات حساب المثلثات، وعمليات القوى مثل قوة الأس، أو قوة الجذر. وتكون النتيجة الحصول على خريطة جديدة تكون قيم الخلايا فيها هى القيم المحسوبة بواسطة هذه العمليات.

**٢- عمليات المجاورة Neighborhood Operations:**

وهى عمليات حسابية واحصائية تتم على مجموعة الخلايا المجاورة لخلية معينة توجد فى موقع يتوسط الخلايا المجاورة (الخلية المركزية)، والقيمة الناتجة عن العملية الحسابية أو الاحصائية تسجل داخل الخلية المركزية، وبتكرار عمليات التحليل لكل خلية بالنسبة لمجموعة الخلايا المجارة لها تنتج خريطة جديدة بقيم خلايا جديدة تعبر عن نتائج التحليل.

**٣- عمليات نطاقية Zonal Operations:**

وهى عمليات حسابية واحصائية تتم على مجموعة الخلايا المتجاورة أو غير المتجاورة التى تحمل قيمة واحدة تدل على نوع واحد من الاستغلال وهو ما

يعرف بنطاق الاستغلال الذى يتم تحديده اعتماداً على قيم بيانات أخرى لمتغير آخر، كأن يتم حساب متوسط منسوب سطح الأرض (من خريطة المناسيب) فى نطاق التربة الطميية (على خريطة نطاقات التربة) على سبيل المثال.

**٤- تحليل المسافات Distance Analysis:**

ويستخدم فى انتاج خرائط المسافات التى تُسجل بكل خلية قيمة البعد بينها وبين خلية معينة، أو خلايا تمثل أمتداد خط معين، وخرائط المسافة الموزونة Weghited - Distance Map المستخدمة فى تحديد المسافة التى تحقق أقل تكلفة بين كل خلية وخلية معينة على سبيل المثال.

**٥- تحليل الكثافة Density Analysis:**

ويستخدم فى انتاج خرائط الكثافة التى تُسجل بكل خلية فيها قيمة النسبة بين العدد أو الطول، والمساحة الموزع فيها، وتُنتج فى النهاية خريطة تصنيف الكثافات فى المنطقة المدروسة.

**ثالثاً: أساليب التحليل المكاني للبيانات النقطية Raster أو البيانات الاتجاهية Vectar:**

يصلح إستخدام بعض أساليب التحليل المكانى لتحليل البيانات النقطية Raster أو البيانات الاتجاهية Vector، ونتيجة لاختلاف التركيب الأساسى للبيانات بين النموذجين فإن طريقة التحليل وخطواته ستختلف بين كلا منهما، وكذلك الخرائط الجديدة التى سوف تنتج بعد انتهاء التحليل لن تكون متطابقة بينهما. ونستعرض فيما يلى أنواع تلك الأساليب.

**١- تطابق الخرائط Maps Overlay:**

وهى عملية هامة من عمليات المقارنة الخرائطية Map Comparison التى يستفاد منها فى دراسة العلاقات المكانية بين الظاهرات، وهى نقطة البداية التى

تنطلق منها عمليات تحليل البيانات بواسطة نظم المعلومات الجغرافية. ويعنى تطابق الخرائط تجميع بيانات من خريطتين أو أكثر لإنتاج بيانات جديدة أو خريطة جديدة تكون محصلة عملية التطابق الدالة على مدى تداخل أو تقاطع الظاهرات، واتجاهات التغير المكانى للظاهرات واستبدال مواقعها، مما يسهل فهم العوامل المؤثرة فى توزيع الظاهرات وتغيرها المكانى على حساب ظاهرات أخرى، أو مدى استقلالها عنها.

**٢- تحليل السطوح Surface Analysis:**

أو تحليل تضاريس سطح الأرض Terrain Analysis عن طريق تحليل نموذج المناسيب الرقمى Digital Elevation Model (DEM) (فى نموذج البيانات النقطية)، أو عن طريق تحليل الشبكة المثلثية للمناسيب Triangulated Irregular Network (TIN) (فى نموذج البيانات الاتجاهية Vector) وذلك لرسم الخريطة الكنتورية Contour Map، وتحليل الانحدار Slope Analysis، وتحليل اتجاه الانحدار Aspect Analysis، وتحليل الجريان المائى السطحى Watershed Analysis، وتحليل مائية السطح Hydrological Analysis، وتحليل الرؤية Viewshed Analysis، الذى يحدد الأماكن التى ترى عنصراً معيناً على سطح الأرض.

**٣- التوليف أو الاشتقاق المكاني Spatial Interpolation:**

وهى عمليات تستخدم فى اشتقاق وتقدير خصائص السطح اعتماداً على مجموعة محددة من القيم الموزعة سواء على نموذج (DEM) أو نموذج (TIN) ويستخدم هذا التحليل فى رسم خرائط خطوط التساوى التى من أهم تطبيقاتها خرائط الحرارة المتساوية Isotherm، خرائط الضغط المتساوى Isobar، خرائط المطر المتساوى Isoyats، كما تستخدم فى توزيع مستويات الماء الباطنى، الكثافة السكانية.

وتتم عمليات التحليل المكانى سواء كانت للنظام المعلوماتى النقطى أو الاتجاهى على طبقة معلوماتية واحدة أو طبقتين أو مجموعة طبقات فى وقت واحد، ويتحدد ذلك تبعاً لطبيعة الظواهر المراد تحليلها، فعلى سبيل المثال عند اشتقاق خطوط المناسيب المتساوية (خطوط الكنتور) يتطلب ذلك العمل مع طبقة معلوماتية واحدة تمثل توزيع نقط المناسيب، وفى حالة تحديد المسار الأنسب يستدعى ذلك العمل مع مجموعة طبقات فى وقت واحد تمثل طبقة الطرق، طبقة أقصى سرعة مسموح بها على الطرق، وطبقة اتساع الطرق، وطبقة اشارات المرور، وطبقة اتجاهات الطرق وغيرها من خصائص الشبكة.

**٤- التحليل ثلاثي الأبعاد 3D Analysis:**

وهو عملية انتاج خرائط ثلاثية الأبعاد على أساس نموذج (DEM)، ونموذج (TIN) تعرض سطح الأرض بشكل مجسم مما يسمح بتحليل رؤية أجزاء من سطح الأرض، ويسمح بتحديد المساحات التى تقع أعلى أو أقل من مستوى معين.

**الخلاصة:**

نخلص من العرض السابق إلى مجموعة من النتائج الهامة نستعرضها فيما يلى: –

١– يعد قياس العلاقات المكانية بين الظاهرات أحد أهداف علم الجغرافيا التى تساعد باحثوه فى تفسير التوزيع الجغرافى الظاهرات وتقييم العلاقات المكانية المتبادلة بينها، والوصول إلى التصنيف الأنسب لخصائص الظاهرة.

٢– ساعدت تكنولوجيا الحواسب الآلية، وتطور مصادر البيانات الرقمية فى زيادة القدرة على تفسير وتقييم العلاقات المكانية، ومنحت الجغرافى

مزيد من التمحيص والتمعن فى فهم التوزيع الجغرافى وتقييم العلاقات المكانية.

٣- أصبح الجغرافى فى الوقت الحاضر يملك أدوات ذات قدرات تكنولوجية عالية تساعده فى وقت قصير وتكلفة أقل ودقة أعلى فى فهم التوزيع الجغرافى وتفسير التغير المكانى والزمنى الذى ينتابه، وتقييم العلاقات المكانية بين الظاهرات، واستخلاص النتائج الدقيقة التى تدعم قراراته بشأن التخطيط والتنمية والاعداد للمستقبل.

٤- يعد التحليل المكانى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية أسلوب لقياس العلاقت المكانية بين الظاهرات اعتماداً على قياسات الموقع والشكل والأبعاد والمساحات والاتجاهات والمجاورة والمطابقة والارتفاع والانخفاض والتصنيف والتجميع والترتيب.

٥- تتباين أساليب التحليل المكانى تبعاً لتباين نموذج البيانات المستخدم فى توقيع الظاهرات الجغرافية النقطى Raster أو الاتجاهى Vector ، فلكل منهما عمليات تحليلية تناسب تركيبه، وتنظيمه، وترتيبه، وحجم بياناته، وتنوع صفاته.

٦- تصلح بعض أساليب التحليل المكانى فى تحليل البيانات الصممة إما بالنظام النقطى Raster، أو بالنظام الاتجاهى Vector ، ولكن على الرغم من تشابه المقياس المستخدم فى التحليل بينهما إلا أن طريقة وخطوات التحليل تختلف فى كل منهما.

**الملاحق:**

**ملحق رقم (١):**

**استخدام أدوات التحليل المكاني في برنامج Arc Gis 8.1:**

١- افتح برنامج ArcMap من قائمة البرامج فتظهر النافذة الأولية.

٢- انقر اختيار A new empity map ثم انقر Ok .

٣- انقر قائمة View من شريط القوائم فتظهر محتويات القائمة .

٤- اختر شرائط الأدوات Toolbars ثم اختر منها Spatial Analyst .

٥- سوف يضاف شريط أدوات التحليل المكانى Spatial Analyst إلى نافذة ArcMap .

٦- لتنشيط شريط أدوات التحليل المكانى انقر قائمة Tools من شريط القوائم.

٧- انقر توسعة Extensions ثم قم بالتأشير على Spatial Analyst .

٨- انقر اغلاق Close .

٩- ستلاحظ إضافة شريط أدوات Spatial Analyst إلى شريط القوائم بالنافذة الرئيسية لبرنامج ArcMap .

الفصل الثالث

# التحليل المكانى للبيانات الاتجاهية

# Vector Data Analysis

- مقدمة.
- نموذج البيانات الاتجاهية
- بناء نموذج البيانات الاتجاهية
- أنواع البيانات الاتجاهية
- تحليل البيانات الاتجاهية
  - أولاً: إنتاج الحـرم.
  - ثانياً: تطابق الخرائط.
  - ثالثاً: قياس المسافات .
  - رابعاً: معالجة الخرائط.
- الخلاصة
- الملاحق

**مقدمة ..**

تتباين طرق التحليل المكانى تبعاً لتباين الظواهر الجغرافية المدروسة، وتبعاً لتباين الغرض من عمل التحليل، وتبعاً لتباين الطريقة المستخدمة فى بناء نموذج البيانات الرقمى المعرف إلى الحاسب الآلى.

فعلى سبيل المثال.. دارسى الظواهر المائية Hydrology سيرغبون فى تحليل خصائص سطح الأرض مثل إختلاف المناسيب، الانحدار، اتجاه الانحدار، وأماكن تجمع المياه، وخطوط تقسيم المياه، ودارسى الظواهر الجوية Climatology سيرغبون فى تحليل توزيع قيم عناصر المناخ باستخدام خرائط خطوط التساوى، ورسم نماذج الطقس، ودارسى استخدام الأرض Land use - Land cover سيرغبون فى تحليل المسافات والمساحات، والتغير المكانى والزمانى لصور استخدام الأرض، ودارسى السكان Population سيرغبون فى تحليل توزيع السكان، وكثافاتهم، وتركزهم أو تشتتهم، وارتباط ذلك بموارد سطح الأرض، ودارسى العمران Urban سيرغبون فى تحليل المسافات والمساحات، والتجاور، ودارسى النبات الطبيعى والجغرافيا الحيوية سيرغبون فى تحليل خصائص الموقع والمسافات والمساحات.وصور استغلال الأرض، وتوزيع الحياة البرية وارتباطها بالمظاهر والمشكلات البيئية.

ويقوم الباحث باختيار البرنامج الذى سوف يستخدمه فى إجراء التحليل وفقاً لما يحتوية على أساليب التحليل المكانى المناسبة للظاهرة المدروسة، ثم يقوم بتجهيز نموذج البيانات الرقميه بحيث يناسب كل من الظاهرة المدروسة وأسلوب أو مقياس التحليل المكانى الذى سوف يستخدمه، وبمعنى آخر على الباحث أن يقوم بتجهيز البيانات المكانية التى سوف يقوم بإدخالها إلى الحاسب الآلى ثم يقوم بإدخالها وتعريفها إليه وحفظها فى ملف رسومى يناسب التحليل الذى سوف يستخدمه، فإما أن يكون نموذج البيانات الاتجاهية

Vector، أو يكون نموذج البيانات النقطية Raster. والنموذج الأول هو ما سوف نتناوله بالدراسة فى هذا الفصل.

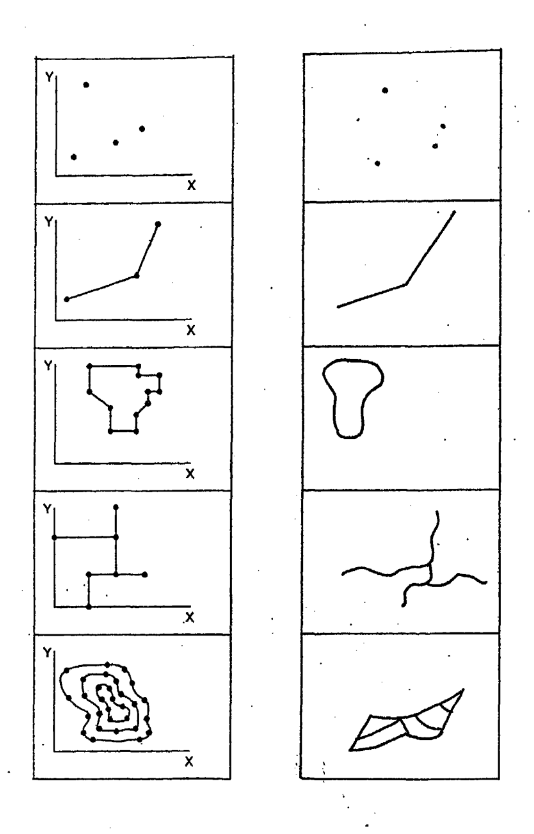
## نموذج البيانات الإتجاهية Vector Data Model

وهو نموذج يُعرف سطح الأرض الحقيقى بما عليه من ظاهرات إلى الحاسب الآلى باستخدام الاحداثيات الأفقية (س) والرأسية (ص) ، فالظاهرات الموضعية التى تظهر على هيئة نقطة يتم تعريفها بزوج واحد من الاحداثيات (س، ص)، أما الظاهرات الخطية فيتم تعريفها باستخدام زوج من الاحداثيات لنقطة بداية الخط (س١، ص١)، وزوج ثان من الاحداثيات لنقطة نهاية الخط (س٢، ص٢) ، وأما الظاهرات المساحية فيتم تعريفها من خلال سلسلة متصلة من النقاط تبدأ من نقطة معلومة وتنتهى إليها ( س١ ص١، س٢ ص٢ ، س٣، ص٣ ... سن صن ) شكل رقم (٣) . وتتباين دقة تعريف الظاهرات الخطية والمساحية تبعاً لتباين عدد النقاط التى تمثل حدود الظاهرة، فكلما زاد عدد النقاط كلما زادت دقة التعريف وتمثلت الظاهرة على شاشة الحاسب الآلى أكثر مطابقة لما هى عليه على سطح الأرض الحقيقى – شكل رقم (٤) .

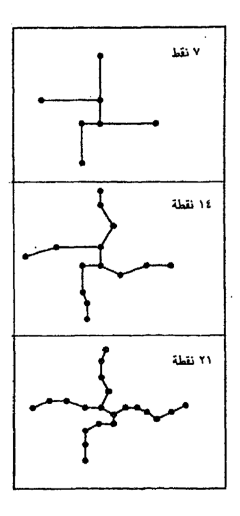
## بناء نموذج البيانات الإتجاهية Vector :

تتميز البيانات الإتجاهية المعتمدة على توقيع النقاط بواسطة احداثياتها الأفقية والرأسية من نقطة أصل تقع عند الركن الجنوبى الغربى لشبكة احداثيات سينية، وصادية تمثل سطح الأرض الحقيقى ، ويتم تحديد موقع كل نقطة تبعًا للبعد الأفقى (السينى) من نقطة الأصل (صفر، صفر) والبعد الرأسى (الصادى) من نقطة الأصل نفسها. وتوفر هذه الطريقة دقة عالية فى تحديد الظاهرات الحقيقية على ملف الحاسب الآلى الذى يظهر على شاشة العرض .

ويوفر نظام الاحداثيات المستخدم فى تعريف الظاهرات بالنظام الإتجاهى Vector تحديداً أدق للعناصر الرسومية النقطية ، الخطية ، المساحية مهما اختلفت أبعادها وأحجامها وتداخلها ، وإمكانية أسرع وأكثر وضوحًا فى قياس العلاقات المكانية بين هذه العناصر الرسومية المتجاورة، واستخراج القياسات الچيومترية لها، وذلك سواء كانت العناصر الرسومية منفصلة ، أو متصلة (شبكة خطوط النقل ، المجارى المائية – على سبيل المثال) أو متداخلة (مساحة بحيرة داخل مساحة غابات – على سبيل المثال).

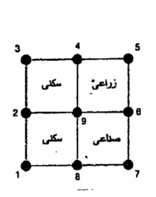



شكل رقم (٣) تمثيل الظاهرات باستخدام نموذج البيانات الإتجاهية Vector




**شكل رقم (٤) تباين دقة الخطوط المعرفة بنموذج البيانات الإتجاهية Vector**

ويتم بناء نظام البيانات الإتجاهى Vector على هيئة ملف يتكون من احداثيات (س، ص) لكل نقطة تمثل الظاهرة شكل رقم (٥) ، وتعتمد كمية البيانات التى يتم تخزينها بالملف على عدد النقط أو عدد الاحداثيات السينية والصادية التى يتم تخزينها لتعريف الظاهرة. فبالنسبة للظاهرات التى تبدو على هيئة أشكال هندسية منتظمة (الخط المستقيم، المثلث ، المربع ، الشكل الخماسى ، المعين ، المستطيل ، ... وغيرها) فإن إدخالها يكون أسهل ويشغل مساحة أقل فى الذاكرة لأن تعريفه يعتمد على إدخال النقط المحددة لأركان الشكل الهندسى فقط، أما للظاهرات التى تبدو على هيئة أشكال غير منتظمة تحددها خطوط متعرجة فإن دقة ادخالها تعتمد على عدد النقاط التى يتم اختيارها لتعريفها وهى تحتاج - بلا شك - إلى عدد أكبر من النقاط التى سوف تتزايد كلما كان الهدف تعريفها بشكل أكثر مطابقة لما هى عليه فى الحقيقة .




| ملف نقاط | | |
|---|---|---|
| ID | X , | Y |
| 1 | 0 , | 0 |
| 2 | 0 , | 10 |
| 3 | 0 , | 20 |
| 4 | 10 , | 20 |
| : | : | : |
| 9 | 10 , | 10 |

| ملف مساحات | |
|---|---|
| ID | Points |
| سكنى | 1, 2, 3, 4, 9, 8, |
| زراعى | 4, 5, 6, 9 |
| صناعى | 6, 7, 8, 9 |

**شكل رقم (٥) بناء ملف الإحداثيات السينية والصادية**
**فى نظام البيانات الإتجاهى Vector**

كذلك يعتمد عدد النقاط المعرفة فى نظام البيانات الإتجاهى Vector على مدى التداخل والترابط بين الظاهرات، فكلما كانت متداخلة ومترابطة أكثر كلما تزايد عدد النقاط (الإحداثيات س ، ص) التى تختزن بملف البيانات ، فيؤدى التداخل بين الظاهرات إلى تعريف نقاط أكثر داخل المساحة الواحدة، ويؤدى الترابط والتجاور بين الظاهرات ووجود حدود مشتركة بينهم إلى إعادة تخزين نقاط ثم تخزينها عند تعريف الحد المشترك بين الظاهرة الثانية والظاهرة الأولى ، ويؤدى هذا التكرار إلى إدخال إحداثيات نقاط الحد المشترك بين الظاهرتين مرة أخرى ، مما يؤدى إلى زيادة حجم البيانات فى الملف، فعلى سبيل المثال عند تعريف الخريطة السياسية لقارة أفريقيا سيكون هناك ازدواج كبير جداً فى إدخال النقاط المعرفة بالاحداثيات الخاصة بالحدود السياسية المشتركة بين الدول ، فعند تعريف الحد السياسى الجنوبى لجمهورية مصر العربية سيتم إدخال مجموعة

النقاط التى تمثله عند تعريف حدود الدولة المصرية، وسوف يتم إدخال مجموعة النقاط التى تمثله مرة أخرى عند تعريف الحدود الشمالية للدولة السودانية . وهكذا فإن هذا التكرار يؤدى إلى تضخم حجم البيانات الإتجاهية Vector المخزنة فى الملف . وهذا فى حد ذاته أحد سلبيات هذا النظام .

وتتباين أنواع الملفات للبيانات الإتجاهية Vector المستعملة فى تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية تبعًا لمدى توافقها مع نظم التشغيل والبرامج المستخدمة ، ويوضح الجدول التالى رقم (٢) خصائص أكثر تلك الملفات شيوعًا فى نظم المعلومات الجغرافية.

**جدول رقم (٢) أنواع وخصائص الملفات المستخدمة**
**فى تخزين البيانات الإتجاهية Vector فى نظم المعلومات الجغرافية [١]**

| اسم الملف | وصف الملف |
|---|---|
| DXF (Data Exchange Format) | وهو أحد الملفات التى يتم تشكيلها بواسطة البرنامج الرسومى الهندسى Auto CAD . |
| IGDS (Intergraph Design System) | وهو أحد الملفات التى يتم تشكيلها بشكل واسع فى برمجيات تصميم الخرائط . |
| ArcInfo Coverage | وهو أحد ملفات برنامج أرك أنفو لتخزين البيانات الإتجاهية Vector . |
| Arc Info EOO | أحد ملفات برنامج أرك أنفو . |
| Shapefiles | أحد ملفات برنامج أرك أنفو . |
| CGM (Computer Organization Metafile) | وهو أحد ملفات المنظمة العالمية للمعايير International Organization of Standards المستخدم فى التصميمات الرسومية بالحاسبات الشخصية . |

1- Yeang, A. K. W., Concepts and Techniques of Geographic Information Systems, New Delhi, 2005, p. 87.

**أنواع البيانات الإتجاهية Vector :**

تتوافق أنظمة البيانات الإتجاهية مع بعض الظاهرات الموزعة على سطح الأرض، ونتيجة لإرتفاع دقتها في التعريف والتحليل المكاني فكثير من مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية يفضلون العمل بهذا النظام ، وتتوافر البيانات المتاحة على الإنترنت وفي الهيئات والشركات التي تعمل في مجال نظم المعلومات الجغرافية على ملفات بيانات إتجاهية Vector ، ونستعرض فيما يلي أهم تلك البيانات .

**١- بيانات المرئيات الفضائية :**

على الرغم من أن أساس الاستشعار الفضائي الرقمي لسطح الأرض يعتمد على نظام البيانات النقطية Raster إلا أن العديد من مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية يقومون بتحويل تلك البيانات النقطية Raster للمرئيات الفضائية إلى ملفات بيانات إتجاهية Vector وبخاصة عند دراستهم لظاهرات شبكات الطرق، المجاري المائية، واستخدام الأرض ، وتعرية التربة – على سبيل المثال لا الحصر .

**٢- بيانات نظام تحديد المواقع العالمية GPS :**

يعتمد نظام GPS في تحديد المواقع على سطح الأرض على تعريف الإحداثيات الجغرافية للموقع ، ويتم تحديد المسافات والمساحات اعتماداً على إحداثيات النقط المحددة لها ، وهو بذلك يتوافق في أساسه مع أساس نظام البيانات الإتجاهية Vector الذي يعتمد في تحديد الظاهرات على إحداثيات النقط المحددة لها.

**٣- بيانات المساحة الأرضية :**

تهدف أعمال المساحة الأرضية إلى تحديد نقاط الربط بين الخطوط وحدود المضلعات وحساب مناسيبها وأبعادها الجيومترية ، وتكون المحصلة النهائية مخزنة على ملفات تحتوي على الاحداثيات الجغرافية للنقاط التي تم مسحها، أو الكيلومترية، أو الأفقية (السينية) والرأسية (الصادية) وهذا يتوافق مع أساس نظام البيانات الإتجاهية Vector .

**٤- ملفات جداول إلكترونية تتكون من احداثيات سينية وصادية :**

يمكن بناء هذه الملفات بواسطة برامج Excel ، Access واستخدامها فى صناعة بيانات مكانية رقمية بنظام إتجاهى وبخاصة ما يستخدم منها فى توقيع محطات الأرصاد الجوية، مواقع البراكين، محاور الشقوق والفوالق والزلازل على سبيل المثال لا الحصر .

**تحليل البيانات الاتجاهية:**

تعتمد دقة تحليل البيانات المكانية على دقة التعبير عنها بنموذج البيانات الاتجاهية Vector، الذى يعتمد بشكل أساسى على الخصائص الجيومترية للنقطة والخط والمساحة، وكلما كانت نسبة التعميم فى هذه الخصائص أقل ما يمكن كلما زادت دقة التحليل المكانى ونتائجه. ويشمل التحليل المكانى لنموذج البيانات الاتجاهية Vector مجموعة من الأساليب المتوافقة معه مثل تحليل الحرم، تطابق الخرائط، قياس المسافات بين النقط، وبين النقط والخطوط، وعمليات معالجة الخرائط وهو ما سوف نستعرضه فيما يلى:

**أولاً: إنتاج الحرم Buffering Generation:**

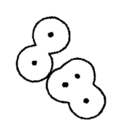
سبق القول بأن الحرم هو نطاق مساحى يتم تصميمه وفقاً لشرط معين أو مجموعة شروط مكانية محددة لا يمكن تجاوزها، ويعتمد تحديد الحرم على القياسات الجيومترية Geometric Data، فعلى سبيل المثال يمكن تحديد نطاق حول كل مدرسة يُحرم فيه البناء بشرط ألا تبعد حدوده عن المدرسة بمسافة محددة فيتم تحديد نطاقات دائرية حول كل مدرسة تحقق هذا الشرط، كما يمكن تحديد نطاق المبانى السكنية بشرط أن يبعد عن ضفة النهر بمسافة معينة، وأن يبعد عن الطريق الرئيسى بمسافة معينة، فيتم تحديد نطاقات طولية تفصل المبانى عن ضفة النهر والطرق الرئيسية وتحقق هذين الشرطين. أو كأن يحدد نطاق يحيط بالمناطق العسكرية، أو حقول الألغام، أو المنشآت النووية يحظر فيه الاقتراب أو السير أو البناء.

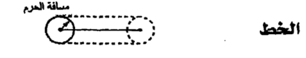
ويعتمد انتاج الحرم على خريطة بيانات مكانية (طبقة معلوماتية) محدد عليها الظاهرات المطلوب انشاء الحرم حولها، سواء كانت ظاهرات نقطية أو ظاهرات خطية، أو ظاهرات مساحية، وسوف تكون هى طبقة المعلومات المدخلة Input Layer، وعند وضع الشروط وتنفيذ عملية التحليل ستظهر طبقة معلوماتية جديدة مخرجة Outpat Layer موقع عليها الأحرام التى تم إنشاؤها بالشروط المطلوبة، وسوف تُمثَل الظاهرة النقطية على هيئة مركز محاط بنطاقات حرم دائرية، وتمثل الظاهرة الخطية على هيئة نطاقات مساحية Polygon طولية تحيط بالخط وتوازيه، وتُمثَل الظاهرة المساحية على هيئة نطاقات مساحية تحيط بالمساحة ومحددة بخطوط توازى الحدود الأصلية للمساحة المطلوب عمل حرم لها. وتسمى المساحة المحصورة بين الظاهرة (النقطة، الخط، المساحة) والحدود النهائية بنطاق الحرم Buffer Zone – شكل رقم (٦).

ويتحكم الباحث فى نطاق الحرم تبعاً للمسافة المحددة للحرم أو المساحة التى يغطيها، فيمكن أن تحتوى الخريطة الواحدة على أحرام متباينة المسافة والمساحة على طبقة معلوماتية واحدة، فعلى سبيل المثال يمكن انشاء أحرام متباينة حول المجارى المائية تبعاً لتباين استغلال الأرض حولها شكل رقم (٧).

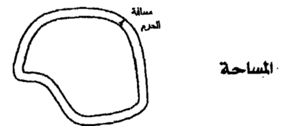
كما يمكن انشاء نطاقات حرم حول الظاهرات النقطية عبارة عن حلقات دائرية متتابعة تتباعد عن الظاهرة (مركز الحرم) بمسافات متضاعفة أو متزايدة بمعدلات مختلفة، فعلى سبيل المثال يمكن تحديد نطاقات خدمة زمنية لمراكز اطفاء الحريق على شكل حلقات تبعد عن مركز الاطفاء مسافات زمنية متتابعة تمثل ٣ دقائق، ٦ دقائق، ٩ دقائق، فتظهر مراكز اطفاء الحريق محاطة بثلاثة أحرام حلقية تعبر كل منها على نطاق الخدمة





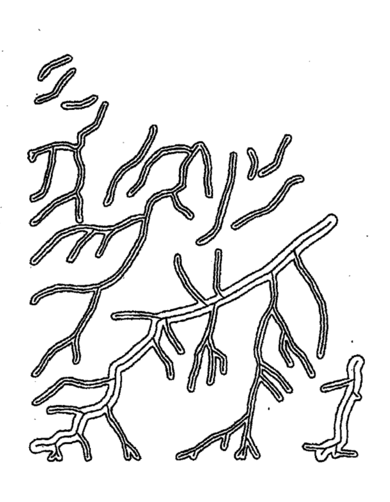





**شكل رقم (٦): طريقة تحديد الحرم حول البيانات**

**المكانية (النقطة - الخط - المساحة)**



**شكل رقم (٧): تباين نطاقات الحرم حول المجاري المائية**

الذى يمكن أن تصل إليه سيارة الاطفاء بعد ثلاث أو ست أو تسع دقائق على الترتيب[1]. شكل رقم (٨).

وعلى سبيل المثال أيضاً يمكن انشاء أحرام حلقية حول المفاعلات النووية على مسافات متباعدة وبمساحات متزايدة تشير إلى تدرج نطاقات خطورة انتشار الاشعاع النووى التى تقل بالبعد عن المفاعل النووى، وتكون المسافات بين نطاقات الأحرام متساوية، ولكن تختلف مساحة كل حرم فمساحة نطاق الحرم الثانى ستبلغ أربعة أمثال مساحة نطاق الحرم الأول، ومساحة النطاق الثالث ستبلغ تسعة أمثال مساحة نطاق الحرم الأول، وهكذا.

ويمكن فى حالة انشاء الحرم حول الظاهرة الخطية أن يكون نطاق الحرم موزعاً على جانبى الخط، كأن ننشئ حرم حول ضفتى النهر، أو أن يكون نطاق الحرم على جانب واحد من الخط، الجانب الأيمن أو الجانب الأيسر، كأن ننشئ حرم بجوار الضفة اليمنى من النهر.

وغالباً ما تتقاطع نطاقات الأحرام وفى هذه الحالة تتلاشى حدود التقاطع وتظهر الأحرام على شكل نطاق واحد خالياً من الحدود المتقاطة – شكل رقم (٩)، أو على هيئة نطاقات أحرام متتالية فى حالة انشاء أحرام حلقية متتالية حول ا لظاهرة النقطية – شكل رقم (١٠).

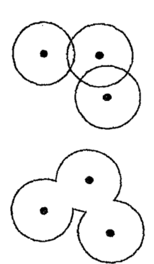
---

(١) محمد ابراهيم شرف، التحليل المكانى لتوزيع خدمة اطفاء الحريق فى شرقى الإسكندرية باستخدام نظم املعلومات الجغرافية، مجلة بحوث كلية الآداب – جامعة المنوفية – العدد ٤٨ – يناير ٢٠٠٢، ص ١٤٢.

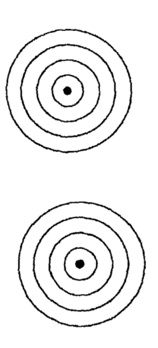
خطوط الأزمان المتساوية بالدقيقة

صفر ١ ٢ ٣كم

شكل رقم (٨): نطاقات أحرام زمنية متتالية تحيط بمراكز اطفاء الحريق بحي المنتزة شرقي الاسكندرية



شكل رقم (٩): نطاقات الأحرام المتقاطعة وغير المتقاطعة



شكل رقم (١٠): الأحرام الحلقية حول الظاهرة النقطية

ويتحكم الباحث عند استخدامه برمجيات نظم المعلومات الجغرافية فى وحدات القياس المستخدمة فى حساب المسافات فى تحديد نطاق الحرم، ومن الأفضل أن تستخدم وحدات القياس ذاتها المستخدمة فى القياس على نموذج البيانات الاتجاهية لكى يسهل متابعة وتفسير خريطة نطاقات الحرم ومناظرة الأبعاد عليها.

**تطبيقات على إنتاج الحرم Applications of Buffering:**

ينتج عن عملية تحليل الحرم خريطة جديدة تحتوى على الظاهرة محل الدراسة، ونطاق الحرم المحيط بها، وتسهل هذه الخريطة المخرجة على الباحث عمليات البحث والاستكشاف أو عن نوع الظاهرات أو الاستخدامات الموزعة داخل نطاق الحرم، فعلى سبيل المثال يمكن الاستفسار عن عدد المدارس ونوعها الذى يقع داخل نطاق حرم يبعد ٢٠٠ متر عن الطرق الرئيسية. ولهذا تعد الوظيفة الأولى لخريطة الحرم هى الاستفسار عن وجود وتوزيع ونوع الظاهرات داخل نطاق الحرم، كما تتعدد الفوائد التى يمكن أن تعود على البحث الجغرافى من خلال تحليل الحرم، وهى موزعة على مجالات متعددة وتحقق أهداف كثيرة، وفيما يلى عرضاً لأهم استخدامات تحليل الحرم.

١- عند تحريم توزيع ظاهرة معينة فى نطاق محدد (الحرم)، فعلى سبيل المثال عند تحريم بناء ورش فى النطقات السكنية فسيكون نطاق الحرم هو النطاقات السكنية فى المدينة المحظور بناء الورش داخلها، أو عند تحريم بناء مخازن داخل مسافة تبعد بحد أقصى ٥٠٠ متراً من بيوت العبادة، فسيكون نطاق الحرم دوائر تحيط بدور العبادة يبلغ نصف قطرها ٥٠٠ متراً وهى المناطق المحظور بناء مخازن بداخلها، أو عند تحريم البناء داخل نطاق يبعد بحد أقصى ١٠٠ متر عن الطريق الرئيسى، فسيكون نطاق الحرم نطاق طولى تبعد حدوده الخارجية بمسافة ١٠٠ متر عن الطريق الرئيسى ويمثل النطاق المحظور البناء فيه.

٢- عند عمل نطاقات آمنة من أخطار معينة، فعلى سبيل المثال عند تحديد نطاقات آمنة من خطر الفيضان النهرى، فسيكون نطاق الحرم نطاق طولى يحيط بالنهر وتبعد حدوده الخارجية عن النهر بمسافة آمنة محددة. أو عند تحديد نطاقات آمنة من خطر الانزلاق الأرضى Land Slides حول المنحدرات الجبلية، فسيكون نطاق الحرم نطاق طولى يوازى المنحدر ويقع أسفله وتبعد حدوده الخارجية عن المنحدر بمسافة آمنة محددة. أو عند تحديد نطاقات آمنة من الضوضاء على الطرق، فسيكون نطاق الحرم نطاق طولى يوازى ويحيط بالطرق التى يزداد فيها شدة الصوت إلى أكثر من ٦٠ ديسى بل (الحد الآمن) بمسافة آمنة محددة ويحظر البناء بداخله. أو عند تحديد نطاقات آمنة تحيط بخطوط أنابيب الغاز أو البترول أو السوائل الكاوية، فسيكون نطاق الحرم نطاق طولى يوازى ويحيط بخط الأنابيب بمسافة آمنة محددة ويحظر السير أو الاقتراب منه. أو عند تحديد نطاقات حلقية آمنة من انتشار الاشعاع النووى حول المفاعلات النووية، فسيكون نطاق الحرم دوائر مركزها المفاعل النووى وتتباعد بمسافات متتالية على هيئة حلقات مساحة كل منها يمثل نطاق أمنى تتحدد مستوياته بالبعد عن المفاعل النووى.

٣- عند تحديد نطاقات منزوعة السلاح، أو محايدة، أو مراقبة من قبل قوات دولية، بهدف حل النزاعات والخلافات الدولية والعسكرية، وخير مثال على ذلك النطاق المحايد بين كوريا الشمالية وكوريا الجنوبية على طول دائرة عرض ٣٨° ش.

٤- عند تحديد نطاقات توزيع الخدمات، وخدمات التوصيل، فعلى سبيل المثال عند تحديد نطاقات خدمة مراكز الطوارئ والانقاذ مثل مراكز

الاسعاف، واطفاء الحريق، والدفاع المدنى، وانقاذ الحوادث على الطرق، والانقاذ البحرى، النهرى، والبحث عن المفقودين وغيرها، فسيكون نطاق الحرم يحيط بالمركز وعلى مسافة (طولية أو زمنية) محددة، وبحيث تغطى نطاقات أحرام المراكز النطاق الأرضى المخدوم. وكذلك عند تحديد نطاقات مراكز خدمات التوصيل التى زاد انتشارها فى الأونة الأخيرة وتخدم قطاعات غذائية، واستهلاكية، وسياحية، ومالية وغيرها، فسيكون نطاق الحرم محيطاً بالمركز وعلى مسافة (طولية أو زمنية) محددة، وبحيث يغطى المساحة الأرضية المخدومة.

٥- عند تحديد نطاقات نفوذ المدينة أو القرية أو المحلة العمرانية تبعاً لما تقدمه من خدمات للمدن أو القرى أو المحلات العمرانية المجاورة، فسيكون نطاق الحرم ممتداً ومحيطاً باتجاه الحركة والاتصال بين المدينة والمدن المجاورة التى تخدمها، ويمكن أن يكون على شكل نطاقات متتابعة كل منها يعبر عن مستوى نفوذ المدينة بالنسبة للمدن الأخرى.

٦- عند تحديد حرم الطرق الحديدية، والمطارات، والطرق البرية السريعة.

**ثانياً: تحليل تطابق الخرائط Maps Overlay:**

تعد عملية تطابق الخرائط واحدة من عمليات المقارنة الخرائطية Map Comparison التى يستفاد منها فى دراسة العلاقات المكانية بين الظاهرات، ويعنى تطابق الخرائط وضع طبقات معلوماتية شفافة لظاهرات مختلفة فوق بعضها فتتداخل الظاهرات وتتقاطع فى مظهر يستخدم لمقارنة توزيعها المكانى من حيث تداخلها أو تقاطعها، ومقارنة تغيرها فى حالة استخدام طبقات معلوماتية لظاهرة واحدة عبر فترات زمنية مختلفة، مما يسهل فهم العوامل المؤثرة فى التوزيع، ومدى تبعية الظاهرة لظواهر أخرى، أو مدى استقلاليتها عنها، ومدى تطور توزيع الظاهرة عبر الزمن.

ويمكن اجراء التطابق بين خريطتين أو أكثر، وعلى الباحث أن يحدد الخريطة المدخلة Input Map، ثم الخريطة أو الخرائط المنطبعة عليها Overlay Map(s)، وسوف ينتج عن عملية التطابق خريطة جديدة Outpnt Map تجمع القياس الچيومترى والوصفى لظاهرات الخريطة المدخلة والخريطة أو الخرائط المنطبعة، ولهذا السبب فإن عدد الظاهرات الجديدة بالخريطة المخرجة لا يساوى مجموع الظاهرات بالخريطتين المدخلة والمنطبعة، أو بالخريطة المدخلة والخرائط المنطبعة ولكن سيكون أكثر من ذلك، وسوف يكون للخريطة المخرجة جدول بيانات وصفية يمثل اتحاد البيانات الوصفية بين الخريطة المدخلة والخريطة أو الخرائط المنطبعة عليها.

ومن أهم الشروط التى يجب مراعاتها عند تحليل تطابق الخرائط أن تكون جميع الخرائط التى سوف يشملها التحليل مصممة بنظام احداثيات واحد، وفى حالة استخدام نظام مركيتور المستعرض (UTM) يجب أن تكون الخرائط واقعة فى نطاق طولى واحد، وأن يكون نموذج الأرض المستخدم Datum واحد فى جميع الخرائط.

وفى حالة تحليل التطابق لاكثر من خريطتين (خريطة مدخلة، ثلاثة خرائط منطبعة على سبيل المثال)، فإن التحليل سوف يبدأ باستخدام الخريطة المدخلة والخريطة المنطبعة الأولى، ويتم استخراج خريطة جديدة كمحصلة جديدة لعملية التطابق، ثم يتم استخدام هذه الخريطة المخرجة مع الخريطة المنطبعة الثانية فى عمل تطابق جديد فتنتج خريطة جديدة يتم استخدامها مع الخريطة المنطبعة الثالثة فى عمل تطابق جديد فتظهر الخريطة النهائية تحمل عدد كبير من الظاهرات يحمل توصيف ناتج بفعل اتحاد جميع البيانات الوصفية فى الخرائط الأربعة.

**نوع الظاهرة وتطابق الخرائط:**

يتم عمل تحليل التطابق على جميع الظواهر المكانية (النقطة، الخط،

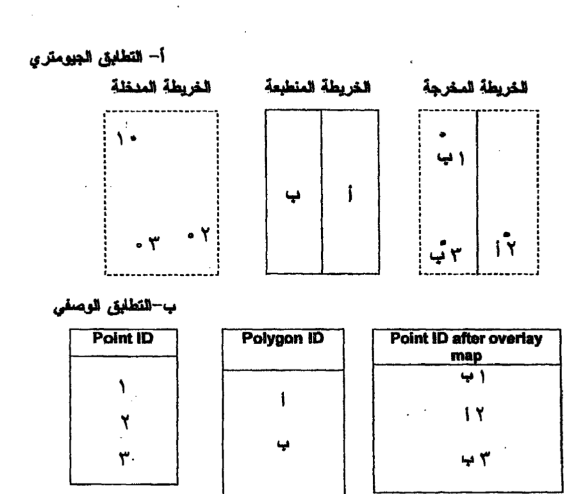
المساحة) وبشرط أن تحتوى الخريطة المدخلة على واحدة من تلك الأنواع، وأن تحتوى الخريطة المنطبعة على ظاهرات مساحية فقط. وعلى هذا الأساس يمكن عمل تحليل التطابق بين خريطة مدخلة لظاهرات نقطية مع خريطة منطبعة لظاهرات مساحية، Point-in-Polygon، وبين خريطة مدخلة لظاهرات خطية مع خريطة منطبعة لظاهرات مساحية، Line-in-Polygon، وبين خريطة مدخلة لظاهرات مساحية مع خريطة منطبعة لظاهرات مساحية Polygon-in-Polygon(1).

**١- تطابق ظاهرة نقطية مع ظاهرة مساحية Point-in-Polygon:**

فى هذه الحالة تحتوى الخريطة المدخلة على الظواهر النقطية، والخريطة المنطبعة على الظواهر المساحية، ويكون الهدف من اجراء التطابق هو تحديد أى ظاهرة نقطية تقع داخل أى ظاهرة مساحية، وتظهر الخريطة المخرجة بظاهرات جديدة تحمل صفات الخريطتين – شكل رقم (١١).

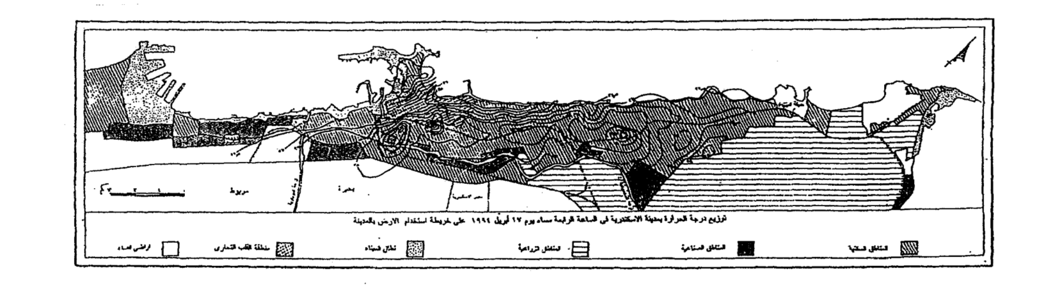
فعلى سبيل المثال عند عمل التطابق لخريطة توزيع محطات الأرصاد الجوية (طبقة نقطية) كخريطة مدخلة Input Map، مع خريطة استخدام الأرض (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة Overlay Map، فإن ناتج عملية التطابق خريطة توزيع محطات الأرصاد الجوية فى نطاقات استخدام الأرض، وستحدد البيانات الوصفية للخريطة المخرجة أى المحطات الموزعة داخل كل استخدام. ويمكن توزيع خصائص العناصر المناخية على محطات الأرصاد الجوية مثل درجة حرارة الهواء فتنتج خريطة توزيع درجات الحرارة على استخدامات الأرض المختلفة، ويمكن تفسيرها وتفسير العلاقات الارتباطية بينهما لمعرفة أثر توزيع صور استخدام الأرض فى التغير المكانى لدرجات الحرارة، ويستخدم هذا التحليل فى تفسير التركيب الحرارى للمدينة وعلاقته بتوزيع صور استخدام الأرض، وتحديد الجزر الحرارية Heat Islands بالمدينة وعلاقتها باستخدام الأرض. شكل رقم (١٢).

(1) Heywood, I., op. Cit., p. 117.




شكل رقم (١١): تطابق خريطة ظواهر نقطية مع خريطة ظواهر مساحية

Point - in - Polygon




**شكل رقم (١٢): توزيع التغير الحراري وعلاقته بصور استخدام الأرض**

**في مدينة الاسكندرية يوم ١٤ ابريل ١٩٩٦**

وبالمثل يمكن رسم جميع الخرائط المناخية وربطها بظواهر مساحية مثل كثافة السكان، كثافة المبانى، الغطاء النباتى، توزيع اليابس والماء – على سبيل المثال لا الحصر.

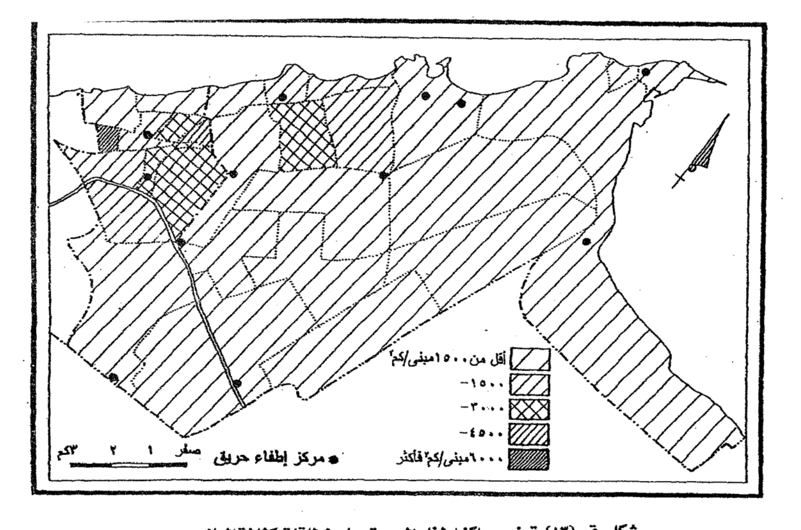
وفى مثال آخر يمكن تحليل التطابق بين خريطة توزيع مراكز اطفاء الحريق (طبقة نقطية) كخريطة مدخلة مع خريطة توزيع كثافة المبانى (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة، فتكون المحصلة انتاج خريطة توزيع مراكز اطفاء الحريق داخل نطاقات كثافة المبانى لتحديد مستوى خدمة كل منها، وتحديد حجم الأجهزة والسيارات والأفراد المناسب لنمط الكثافة فى المساحة المخدومة. شكل رقم (١٣).

**٢- تطابق ظاهرة خطية مع ظاهرة مساحية Line-In-Polygon:**

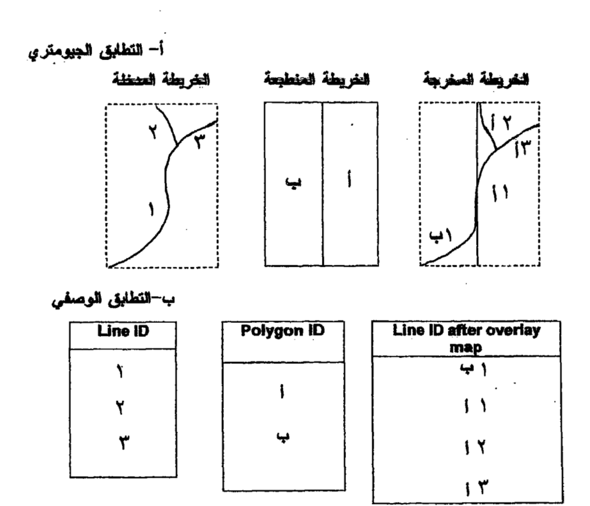
فى هذه الحالة تحتوى الخريطة المدخلة على الظواهر الخطية، والخريطة المنطبعة على الظواهر المساحية، ويكون الهدف من اجراء التطابق هو تحديد أى ظاهرة خطية تقع داخل أى ظاهرة مساحية، وتظهر الخريطة المخرجة بظاهرات جديدة تحمل صفات الخريطتين، ويزيد عددها عن عدد ظاهرات الخريطة المدخلة – شكل رقم (١٤).

فعلى سبيل المثال عند عمل التطابق بين خريطة الطرق (طبقة خطية) كخريطة مدخلة، مع خريطة استخدام الأرض (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة، فأن ناتج عملية التطابق خريطة توزيع الطرق داخل نطاقات استخدام الأرض وستوضح البيانات الوصفية للخريطة المخرجة أىّ الطرق يخدم النطاق السكنى، وأىّ الطرق يخدم النطاق الصناعى، وهكذا بالنسبة لباقى نطاقات استخدام الأرض، وفى ضوء ذلك يمكن تحديد كفاءة الطرق وعلاقتها بصور استخدام الأرض.

أو عند التخطيط لتصميم شبكة من طرق السكك الحديدية فى نطاقات تربة مختلفة، فستكون خريطة الطرق المقترحة (طبقة خطية) كخريطة،




شكل رقم (١٣): توزيع مراكز اطفاء الحريق علي نطاقات كثافة المباني بحي المنتزة شرقي الاسكندرية عام ٢٠٠٠




**شكل رقم (١٤): تطابق خريطة ظواهر خطية مع خريطة ظواهر مساحية**
**Line-In-Polygon**

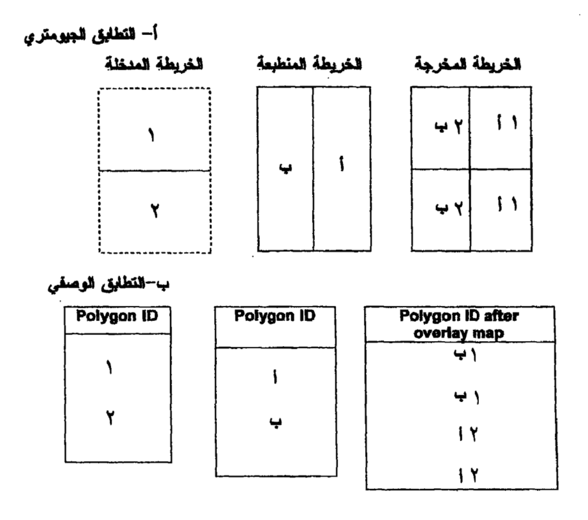
مدخلة، وخريطة أنواع الترباث (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة، وتمثل الخريطة المخرجة توزيع المسارات المقترحة للسكة الحديدية فى نطاقات التربة ويمكن عن طريقها تحديد أنواع التربة التى يمر بها كل مسار، ويستفاد من ذلك فى إعداد الإنشاءات الهندسية للمسارات المقترحة بما يناسب نوع كل تربة.

٣- تطابق ظاهرة مساحية مع ظاهرة مساحية Polygon-In-Polygon:

وهى أكثر عمليات التطابق شيوعاً، وفى هذه الحالة تحتوى الخريطة المدخلة على ظواهر مساحية، والخريطة المنطبعة على ظواهر مساحية أيضاً، ويكون الهدف من عمل التطابق تحديد المساحات التى تتوزع فيها جميع ظاهرات الخريطتين، أو المساحات التى تتقاطع فيها ظاهرات الخريطتين، أو المساحات التى تتقاطع فيها ظاهرات الخريطة المدخلة مع ظاهرات الخريطة المنطبعة – شكل رقم (١٥).

فعلى سبيل المثال عند عمل التطابق بين خريطة توزيع المساحات المحصولية (طبقة مساحية) كخريطة مدخلة، مع خريطة توزيع نطاقات خصائص التربة الزراعية (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة، فان ناتج عملية التطابق توزيع أنواع المحاصيل المزروعة على نطاقات خصائص التربة الجيدة والمتوسطة والضعيفة، ويمكن التعرف من خلال ذلك على أنواع المحاصيل المزروعة فى تربات جيدة، وأنواع المحاصيل المزروعة فى تربات متوسطة الجودة، وأنواع المحاصيل المزروعة فى تربات ضعيفة، ويستفاد من ذلك فى عمليات التسميد، وتوقع الانتاجية الزراعية.

وفى مثال آخر عند اجراء التطابق بين خريطة الاقاليم المناخية (طبقة مساحية) كخريطة مدخلة، وخريطة النبات الطبيعى (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة، يكون ناتج عملية التطابق خريطة توزيع النبات الطبيعى داخل كل اقليم مناخى، ويستفاد من ذلك فى الربط ببين الظروف المناخية وتوزيع النبات الطبيعى على سطح الارض، وهو ما يشكل البيانات الأساسية لاستغلال الموارد وصيانتها بتلك الأقاليم.




شكل رقم (١٥): تطابق خريطة ظواهر مساحية مع خريطة ظواهر مساحية
Polygon-In-Polygon

**طرق تطابق الخرائط:**

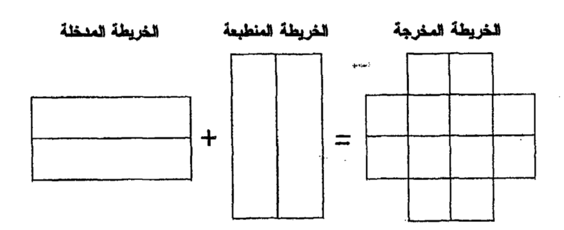
تتباين المساحة التى تغطيها الخريطة المخرجة Out put Map تبعاً لتباين المساحة التى تغطيها كلا من الخريطة المدخلة Input Map، والخريطة المنطبعة Overlay Map، فعندما تتساوى مساحة الخريطة المدخلة مع مساحة الخريطة المنطبعة،فإن الخريطة المخرجة سيكون لها المساحة ذاتها التى تغطيها كلا منهما. أما إذا إختلفت مساحة الخريطة المدخلة عن مساحة الخريطة المنطبعة فإن الخريطة المخرجة سيكون لها مساحة مختلفة تتحدد اعتماداً على الطريقة التى سوف تتم بها عملية التطابق.

ويتم اجراء تحليل تطابق الخرائط وفقاً لثلاثة طرق أساسية يختار منها الباحث ما يناسب دراسته، ويحدد شروطها عند استخدامه لبرنامج نظم المعلومات الجغرافية الذى يعمل عليه، تسمى الطريقة الأولى التطابق بالاتحاد Union، والثانية التطابق بالتقاطع Intersect، أما الثالثة فتسمى التطابق بالتماثلIdentity[1].

**١- تطابق الخرائط بطريقة الاتحاد Union:**

تستخدم هذه الطريقة فى تطابق خريطة ظواهر مساحية مع خريطة أو خرائط ظواهر مساحية أخرى بهدف عمل التطابق بين جميع ظاهرات الخريطة المدخلة مع جميع ظاهرات الخريطة المنطبعة، وتكون النتيجة أن تظهر الخريطة المخرجة تجمع بين جميع الظاهرات فى الخريطتين، وفى حالة ما إذا كانت المساحة التى تغطيها الخريطة المدخلة تختلف عن المساحة التى تغطيها الخريطة المنطبعة فإن المساحة التى تغطيها الخريطة المخرجة لا تمثل مساحة أى من الخريطتين المدخلة أو المنطبعة ولكن تمثل أقصى امتداد للخرطيتين معاً – شكل رقم (١٦).

(1) Chang, K., op. cit., p. 211.

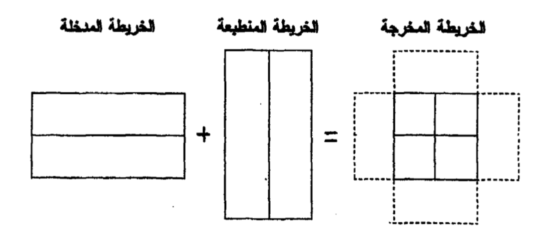



**شكل رقم (١٦)؛ تطابق الخرائط بطريقة الاتحاد Union**

فعلى سبيل المثال عند عمل تطابق الخرائط بطريقة الاتحاد Union بين خريطتين الأولى خريطة الاستخدام الصناعى (طبقة مساحية) كخريطة مدخلة مع خريطة الاستخدام السكنى (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة، فإن الخريطة المخرجة تشمل مساحات الاستخدام السكنى ومساحات الاستخدام الصناعى معاً، وعلى الباحث عند استخدامه لبرنامج التحليل أن يحدد عملية التطابق بطريقة الاتحاد بواسطة كتابته للصيغة التى سوف توجه برنامج نظم المعلومات الجغرافية لأداء العملية باستخدامه حرف «أو» (OR) فيكتب صيغته لتعنى استخراج خريطة جديدة تشمل مساحات الاستخدام الصناعى «أو» (OR) مساحات الاستخدام السكنى "(Input Map) OR (Overlay Map)"، فيقوم البرنامج بعمل اتحاد بين ملف الاستخدام الصناعى وملف الاستخدام السكنى تنتج الخريطة الجديدة التى تحفظ بملف جديد يشمل جميع مساحات الاستخدام الصناعى وجميع مساحات الاستخدام السكنى.

**٢- تطابق الخرائط بطريقة التقاطع Intersect:**

تستخدم هذه الطريقة بهدف عمل التطابق بين ظاهرات الخريطة المدخلة وظاهرات الخريطة المنطبعة المتكرر وقوعهما فى مواقع واحدة بالخريطتين، أو بمعنى آخر فى المواقع التى تتقابل فيها عناصر الخريطة المدخلة مع عناصر الخريطة المنطبعة فقط، أو المواقع التى يتواجد فيها كل من عناصر الخريطة المدخلة وعناصر الخريطة المنطبعة فقط، وفى هذه الحالة سوف تشتمل الخريطة المخرجة على العناصر المشتركة فى مساحة واحدة بين الخريطتين، أما المساحات التى لا يتقابل فيها العنصرين فى مساحة واحدة فلا تشتمل عليها الخريطة المخرجة – شكل رقم (١٧).



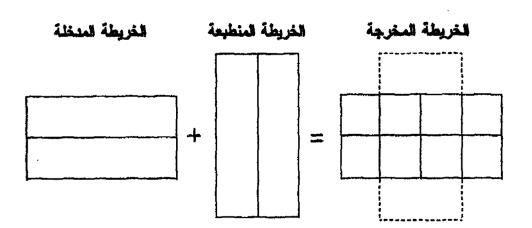

**شكل رقم (١٧): تطابق الخرائط بطريقة التقاطع Intersect**

ويصلح استخدام هذه الطريقة من التطابق على جميع الظواهر الجغرافية (النقطية، الخطية، المساحية)، فعلى سبيل المثال عند عمل تطابق الخرائط بطريقة التقاطع Intersect بين خريطتين الأولى خريطة مراكز اطفاء الحريق (طبقة نقطية) كخريطة مدخلة، والثانية خريطة الاستخدام السكنى (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة فإن ما يظهر فى الخريطة المخرجة سوف يقتصر على المساحات من الاستخدام السكنى التى يتوزع بداخلها مراكز اطفاء الحريق، أما المناطق السكنية الخالية من وجود مراكز اطفاء الحريق التى كانت موجودة بالخريطة المدخلة، ومراكز اطفاء الحريق الموزعة فى نطاقات غير سكنية التى كانت موجودة بالخريطة المنطعة، لن تشتمل عليهم الخريطة المخرجة.

ويحدد الباحث عند استخدامه لبرنامج التحليل عملية التطابق بطريقة التقاطع بواسطة كتابته للصيغة التى سوف توجه البرنامج لأداء العملية باستخدامه لحرف «و» (AND) فيكتب صيغته لتعنى استخراج خريطة جديدة تشمل مساحات الاستخدام السكنى «و» (AND) مراكز اطفاء الحريق "(Input Map) AND (Overlay Map)"، فيقوم البرنامج بعمل التطابق بطريقة التقاطع بين ملف توزيع مراكز اطفاء الحريق، وملف الاستخدام السكنى، وتنتج الخريطة الجديدة التى تحفظ بملف جديد يشمل جميع نطاقات الاستخدام السكنى التى يقع بداخلها مراكز اطفاء حريق.

**٣- تطابق الخرائط بطريقة التماثل Identity:**

تستخدم هذه الطريقة بهدف عمل التطابق بين ظاهرات الخريطة المدخلة، وظاهرات الخريطة المنطبعة التى تقع داخل حدود الخريطة المدخلة، وفى هذه الحالة سوف تشتمل الخريطة المخرجة على عناصر الخريطة المدخلة وعناصر الخريطة المنطبعة المشتركة فى المساحة التى تغطيها الخريطة المدخلة، وبالتالى فإن مساحة الخريطة المخرجة سوف تماثل مساحة الخريطة المدخلة. شكل رقم (١٨).




**شكل رقم (١٨): تطابق الخرائط بطريقة التماثل Identity**

ويصلح استخدام هذه الطريقة على جميع الظواهر الجغرافية (النقطية، الخطية، المساحية) فعلى سبيل المثال عند عمل تطابق الخرائط بطريقة التماثل Identity بين خريطة توزيع مراكز اطفاء الحريق (طبقة نقطية) كخريطة مدخلة، وخريطة توزيع الاستخدام السكنى (طبقة مساحية) كخريطة منطبعة، فإن ما يظهر فى الخريطة المخرجة هو خريطة توزيع مراكز اطفاء الحريق موزع بداخلها المناطق السكنية، أما المناطق السكنية الموجودة خارج مساحة الخريطة المدخلة (المساحة التى يتوزع بداخلها مراكز اطفاء الحريق) فلا تشتمل عليها الخريطة المخرجة.

ويحدد الباحث عند استخدامه لبرنامج التحليل عملية التطابق بطريقة التماثل Identity بواسطة كتابة للصيغة التى سوف توجه البرنامج لأداء العملية باستخدامه للحرفين «و» (AND)، «أو» (OR) معاً، فيكتب صيغته لتعنى استخراج خريطة جديدة تشمل مساحات الاستخدام السكنى الموزعة داخل المساحة الموزع بداخلها جميع مراكز إطفاء الحريق (الخريطة المدخلة) "(Input Map) AND (Overlay Map) OR (Input Map)"، فيقوم البرنامج بعمل التطابق بطريقة التماثل بين ملف توزيع مراكز اطفاء الحريق، وملف الاستخدام السكنى، وتنتج الخريطة الجديدة التى تحفظ بملف جديد يشمل توزيع المناطق السكنية داخل المساحة الموزع بداخلها مراكز اطفاء الحريق.

**تطبيقات تطابق الخرائط:**

ينتج عن عملية تطابق الخرائط خريطة جديدة تمثل الظاهرات المتطابقة بخصائص وصفية جديدة تعبر عن الهدف من التطابق، وتعد عملية تطابق الخرائط من أهم أساليب التحليل المكانى فى نظم المعلومات الجغرافية، ويشاع استخدامها كثيراً وبخاصة عندما تتم على أكثر من خريطتين، فهى حالة من حالات اعادة تصنيف الظاهرات Reclassification، وحالة من حالات التجميع المكانى Spatial Aggregation، وحالة من حالات المقارنة الخرائطية Map Compavison، وحالة من حالات الاستفسار Query، وكلها عمليات مكانية هامة لا يستغنى عنها أى باحث.

ويعد تطابق الخرائط عملية من عمليات التحليل المكانى والزمانى لخرائط إستخدام الأرض، ففى حالة تطابق خريطتان لمنطقة واحدة لتوزيع استخدام الأرض، تمثل الأولى توزيع صور استخدام الأرض فى عام محدد، وتمثل الثانية توزيع صور استخدام الأرض بعد بضعة أعوام من تاريخ

الخريطة الأولى، فتكون المحصلة خريطة جديدة توضح التغير فى استخدام الأرض ويمكن من خلالها التعرف على ما يلى:

١- المساحات التى لم يتغير فيها استخدام الأرض خلال الفترة الزمنية بين الخريطتين.

٢- المساحات التى تغير فيها استخدام الأرض وتحول من الصورة التى كان عليها فى الخريطة الأولى إلى صورة أخرى بعد الفترة الزمنية التى تفصل بين الخريطة الأولى والخريطة الثانية.

٣- المساحة التى خصمت من الاستخدام بعد أن تغيرت عنه، والتى أضيفت إلى الاستخدام بعد أن تحولت إليه.

٤- أى الاستخدامات تحول إلى أى من الاستخدامات الأخرى، وأى الاستخدامات يعد أكثر الاستخدامات التى تغيرت سواء بالخصم أو الاضافة، فعندما تتطابق خريطة توزيع المدارس مع خريطة كثافة السكان، نستطيع أن نحدد كفاءة المدارس وحجم فصولها الذى يناسب كل كثافة، وعندما تتطابق خريطة توزيع مراكز الاسعاف، مع خريطة توزيع الطرق، نستطيع أن نحدد كفاءة الانقاذ السريع على الطرق ومدى ملائمة توزيع مراكز الاسعاف مع عدد الطرق وأطوالها.

ويستفاد من تطابق الخرائط فى صيانة الموارد والحفاظ على البيئة، فعندما تتطابق خريطة المراعى أو الأراضى الزراعية أو النطاقات السكنية المجاورة لمجارى الانهار، مع خريطة حرم الفيضان - أقصى نطاق يصل إليه فيضان النهر - نستطيع أن نحمى تلك المناطق من أخطار الفيضان الذى يسبب جرف التربة، وانهيار المبانى، ونفوق الحيوانات. وعندما تتطابق خريطة توزيع تركز الملوثات، مع خريطة توزيع الأمطار، نستطيع أن نحدد المناطق المتضررة من الأمطار الحمضية ومستوى التأثر بها، وعندما تتطابق

خريطة الجزر الحرارية فى النطاق العمرانى للمدينة مع خريطة استخدام الأرض، أو الكثافة السكانية، أو كثافة النشاط البشرى، نستطيع أن نحدد النطاقات المطلوب أعادة توزيع الأنشطة فيها، وتعديل خطة المدينة بما يقلل من ارتفاع درجة الحرارة واعتدالها.

ويستفاد من تطابق الخرائط فى تحديد نطاقات القرى السياحية والمنتجعات، فعندما تتطابق خريطة السهول الساحلية مع خرائط الطرق، خرائط توزيع درجة الحرارة، اتجاهات الرياح وسرعتها، التساقط نستطيع أن نحدد أنسب النطاقات الساحلية لإنشاء القرى السياحية، وعندما تتطابق خريطة الغابات مع خرائط الطرق، ومناسيب سطح الأرض، نستطيع أن نحدد أنسب المواقع الغابية لإنشاء المنتجعات السياحية بداخلها.

**ثالثاً: قياس المسافات Distance Measurement:**

ويقصد بها عمليات قياسات الخط المستقيم، أو المضلع، بحيث يتم قياس المسافة بين نقطتين بأستخدام قاعدة فيثاغورث المعتمدة على الاحداثيات السينية والصادية للنقطتين على النحو التالى:

المسافة بين النقطتين أ ب = $\sqrt{(س_{أ} - س_{ب})^{2} + (ص_{أ} - ص_{ب})^{2}}$

كما تستخدم فى قياس أقصر مسافة بين ظاهرتين، كأن تحسب المسافة بين موقع وأقرب موقع له، أو بين موقع وأقرب طريق له.

ويستفاد من عمليات قياس المسافات فى الاستفسار عن أقصر طريق للوصول إلى موضع معين، ففى هذه الحالة يستخدم البرنامج مقياس المسافة على خريطة الطرق ويحسب البدائل المتاحة للوصول إلى الوضع المحدد من نقطة البداية المعرفة له، وتكون النتيجة خريطة جديدة محدد عليها المسار الذى يحقق أقصر الطرق إلى الموضع المحدد.

وفى حالة ما إذا كانت خريطة الطرق تحمل خصائص الطرق من حيث الاتجاه (اتجاه واحد – اتجاهان) فإنه فى هذه الحالة يمكن تحديد أقصر طريق للذهاب من نقطة بداية معرفة إلى موضع محدد، وأقصر طريق للعودة بينهما.

**رابعاً: معالجة الخرائط Maps Manipulation :**

وهى مجموعة من العمليات التى تستخدم فى إنتاج خريطة جديدة كمحصلة لمعالجة الخريطة المدخلة Inpuit Map بأحد أساليب تجميع أو تجزئة الظاهرات بما يتناسب مع أهداف الدراسة، ويستفاد من ذلك فى تحديد منطقة الدراسة والظاهرات المدروسة فقط، وتحديد البيانات الوصفية لها، فى إطار مكانى جديد تعبر عنه الخريطة المخرجة Output Map .

وتتعدد وظائف عمليات معالجة الخرائط تبعاً للغرض من استخدامها، ويمكن حصرها فى ثمانية وظائف تقوم بتجميع أو تجزئة ظاهرات الخريطة المدخلة بواسطة استخدام ظاهرة مكانية بخريطة أخرى، وتنتج فى النهاية خريطة جديدة تحمل بيانات مكانية محددة وبيانات وصفية جديدة. وفيما يلى عرضاً لتلك العمليات[1] .

**١- عملية التلاشي Dissolve:**

وهى عملية تهدف إلى تجميع ظاهرات الخريطة التى تحمل القيمة الوصفية نفسها فى حدود واحدة، فعلى سبيل المثال، تضم خريطة الوحدات الادارية لمحافظة الإسكندرية الشياخات كوحدات مساحية صغيرة تتوزع داخل الأقسام التى تمثل بدورها وحدات مساحية أكبر تتوزع داخل الأحياء التى تمثل بدورها وحدات مساحية أكبر تتوزيع داخل حدود المحافظة. فإذا كانت خريطة الوحدات الإدارية للإسكندرية المكونة من الشياخات هى الخريطة المدخلة فيمكن عن طريقها إنتاج خريطتان جديدتان، الأولى

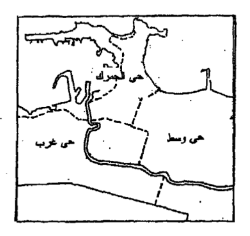
---

(1) Chang, K., op. cit., p. 216.

خريطة الأقسام الإدارية، الثانية خريطة الاحياء الإدارية، فعند انتاج خريطة الأقسام نستخدم عملية التلاشى Dissolve لإلغاء الحدود الإدارية بين الشياخات داخل كل قسم فتبقى الحدود الإدارية للأقسام فقط، وعند انتاج خريطة الاحياء نستخدم عملية التلاشى Dissolve فى إلغاء الحدود الإدارية بين الأقسام داخل كل حى، وتبقى الحدود الإدارية للاحياء فقط. شكل رقم (١٩)

وعند إجراء عملية التلاشى للشياخات تكون الشياخات الخاصة بكل قسم معرفة برقم تعريفى متشابه، فعل سبيل المثال الشياخات المكونة لقسم الجمرك تكون معرفة برقم (١)، الشياخات المكونة لقسم المنشية معرفة برقم (٢)، والشياخات المكونة لقسم باب شرقى معرفة برقم (٣) وهكذا.

وبالتالى يقوم البرنامج بتجميع الشياخات متشابهة الرقم التعريفى الخاصة بكل قسم بعمل تلاشى لحدودها الداخلية والابقاء على حدودها الخارجية المحددة للقسم الإدارى.




تلاشى حدود الأقسام




بعض أقسام الاسكندرية

شكل رقم (١٩): عملية التلاشي Dissolve

وفى حالة ما إذا كانت البيانات الوصفية للخريطة المدخلة تحتوى على توزيع عدد السكان بكل شياخة، فبعد إجراء عملية التلاشى لحدود الشياخات لرسم حدود الاقسام، سيكون البيان الوصفى الجديد المتوافق مع الخريطة المخرجة هو إجمالى عدد سكان كل قسم (حاصل جمع عدد سكان شياخات كل قسم بعد عملية تلاشى الحدود بينها)، وبالمثل بعد إجراء عملية التلاشى لحدود الأقسام لرسم خريطة الأحياء سيكون البيان الوصفى الجديد المتوافق مع الخريطة المخرجة هو اجمالى عدد سكان كل حى (حاصل جمع عدد سكان الأقسام الإدارية بكل حى بعد عملية تلاشى الحدود بينها).

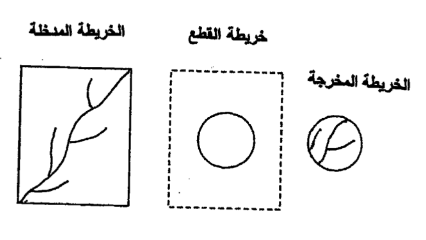
٢- عملية القطع Clip:

وهى عملية تهدف إلى انتاج خريطة جديدة تشتمل على الظاهرات فى الخريطة المدخلة التى تقع داخل ظاهرة مساحية محددة فى خريطة أخرى تسمى خريطة القطع Clip Map، وبالتالى فهذه العملية مفيدة جداً عند تحديد الظاهرات الموزعة فى منطقة معينة غالباً ما تكون منطقة الدراسة لأى بحث.

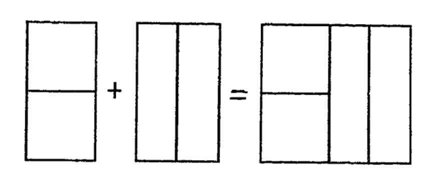
فعلى سبيل المثال يمكن أن تكون الخريطة المدخلة خريطة ظاهرات نقطية مثل الفنادق، أو خريطة ظاهرات خطية مثل الطرق، أو خريطة ظاهرات مساحية مثل نطاق الغابات، وتكون خريطة القطع هى مساحة منطقة الدراسة، فتكون الخريطة المخرجة عبارة عن مساحة منطقة الدراسة فقط موضح بها الظاهرات التى تقع بداخلها. شكل رقم (٢٠).

٣- عملية التلاصق Merge:

وتهدف إلى انتاج خريطة جديدة تجمع خرائط منفصلة تمثل كل منها جزء من مساحة أرضية لنطاق واحد، فعلى سبيلى المثال فى حالة رسم خرائط منفصلة للساحل الشمالى المصرى تمثل كل خريطة عشر دقائق طولية فيه، فعملية التلاصق يمكن أن تجمع خريطتين متجاورتين أو أكثر فى خريطة واحدة. شكل رقم (٢١).




شكل رقم (٢٠): عملية القطع Clip



شكل رقم (٢١): عملية التلاصق Merge

٤- عملية الاختيار Select:

وتهدف إلى انتاج خريطة جديدة تشتمل على ظاهرات مختارة من قبل المستخدم يحددها من خلال أرقام تعريفها، فعلى سبيل المثال عند اختيار نطاق تربة معين، أو نطاق محصول معين، أو نطاق چيولوچي معين، أو نطاق مناخي معين، وهكذا. شكل رقم (٢٢).







إختيار النطاقات شمالي ترعة المحمودية

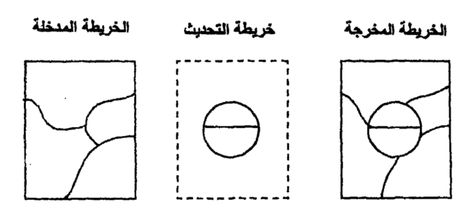
شكل رقم (٢٢): عملية الاختيار Select

٥- عملية التجاهل Eliminate:

وتهدف إلى انتاج خريطة جديدة بعد أن يتم تحريك ظاهرات الخريطة بما يناظر تعريف المستخدم لها في الخريطة المدخلة، فإذا كانت مساحة منطقة معينة بالخريطة يتنافى مع المساحة المعرفة بواسطة المستخدم فيتم تعديل المساحة على الخريطة بما يتوافق مع قيمتها المعرفة التى ادخلها المستخدم في جدول بياناتها الوصفي، ويتم تجاهل الفارق بينهما.

٦- **عملية التحديث Update:**

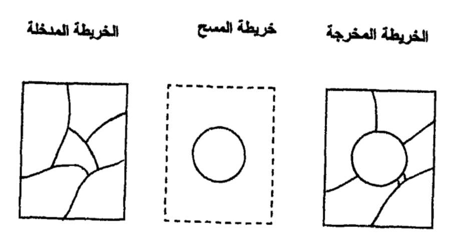
وتهدف إلى انتاج خريطة جديدة ذات تعريف أحدث على الخريطة المدخلة، فعلى سبيل المثال عند إدخال خريطة الأقسام الإدارية لمحافظة الإسكندرية، ثم بعد فترة يصدر قرار جديد بإعادة ترسيم حدود بعض الأقسام الإدارية، ففى هذه الحالة لا نقوم بإعادة ترقيم الخريطة الحديثة بأكملها ولكن تستخدم عملية التحديث Update فى تعديل حدود الأقسام التى أعيد ترسيم حدودها حديثاً، ويتم ذلك عن طريق استبدال حدود الأقسام القديمة بحدودها الجديدة من خلال الخريطة الحديثة Update Map (التى تحتوى على الأقسام التى تعدل حدودها فقط). شكل رقم (٢٣).




**شكل رقم (٢٣): عملية التحديث Update Map**

### ٧- عملية الإلغاء Erase:

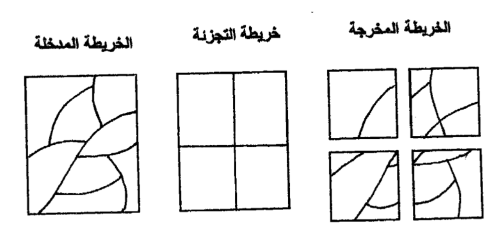
ونهدف إلى انتاج خريطة جديدة تشتمل على الظاهرات فى الخريطة المدخلة التى تقع خارج ظاهرة مساحية محددة فى خريطة أخرى تسمى خريطة المسح أو الإلغاء Erase Map، أما الظاهرات التى تقع داخل مساحة الالغاء فتلغى بياناتها المكانية والوصفية. وبالتالى تعد هذه العملية عكس عملية القطع Clip، وهى مفيدة جداً عند تحديد الظاهرات المحيطة بمنطقة معينة غالباً ما تكون منطقة الدراسة لأى بحث. شكل رقم (٢٤).




شكل رقم (٢٤): علمية المسح والإلغاء Erase

٨- **عملية التجزئة Split:**

وتهدف إلى انتاج مجموعة خرائط من الخريطة المدخلة، وبمعنى آخر تقسيم الخريطة المدخلة إلى مجموعة أجزاء متساوية، وبالتالى تعد هذه العملية عكس عملية التلاصق Merge، ويستفاد منها فى تجزئة منطقة الدراسة الى مناطق ثانوية، أو إلى قطاعات أصغر، فعلى سبيلى المثال يمكن تقسيم النطاقات السكنية إلى نطاقات أصغر بحيث يتم توزيع فرق الأمن عليها، أو مكاتب العقارات. شكل رقم (٢٥).




**شكل رقم (٢٥): عملية التجزئة Split**

**الخلاصة:**

١- يتم بناء نظام البيانات الاتجاهى Vector على هيئة ملف يتكون من احداثيات (س، ص) لكل نقطة تمثل الظاهرة، وتعتمد كمية البيانات التى يتم تخزينها بالملف على عدد النقط أو عدد الاحداثيات السينية والصادية التى يتم تخزينها لتعريف الظاهرة.

٢- تتوافق أنظمة البيانات الاتجاهية Vector مع بيانات المرئيات الفضائية، وبيانات نظام تحديد المواقع العالمية GPS، بيانات المساحة الأرضية، وملفات الجداول الالكترونية بواسطة برامج Excel، Access.

٣- يشمل التحليل المكانى لنموذج البيانات الاتجاهية Vector مجموعة من الأساليب المتوافقة معه مثل تحليل الحرم، تطابق الخرائط، قياس المسافات، معالجة الخرائط.

٤- يعتمد انتاج الحرم على خريطة بيانات مكانية محدد عليها الظاهرات المطلوب انشاء الحرم حولها سواء كانت ظاهرات نقطية أو ظاهرات خطية، أو ظاهرات مساحية، وسوف تكون هى طبقة المعلومات المدخلة وعند وضع الشروط وتنفيذ عملية التحليل ستظهر طبقة معلوماتية جديدة مخرجة موقع عليها الأحرام التى تم انشاؤها بالشروط المطلوبة.

٥- تتم عملية تطابق الخرائط بين خريطتين أو أكثر، ويحدد الباحث الخريطة المدخلة، ثم الخريطة أو الخرائط المنطبعة، وسوف ينتج عن عملية التطابق خريطة جديدة تجمع القياس الجيومترى والوصفى لظاهرات الخريطة المدخلة والخريطة أو الخرائط المنطبعة. ويشترط لعمل ذلك أن تكون جميع الخرائط مصممة بنظام احداثيات واحد، ومرسومة بمسقط واحد.

٦- يتم تحليل تطابق الخرائط وفقاً لثلاث طرق أساسية يختار منها الباحث ما

يناسب دراسته، وتسمى الطريقة الأولى الاتحاد Union، والثانية التقاطع Intersect، أما الثالثة فتسمى التماثل Identity.

٧- يستخدم تحليل قياس المسافة فى قياس المسافات والاستفسار عن أقصر طريق للذهاب من نقطة بداية معرفة إلى موضع محدد، وأقصر طريق للعودة بينهما.

٨- تشمل معالجة الخرائط مجموعة عمليات تستخدم فى انتاج خريطة جديدة تحمل بيانات مكانية ووصفية جديدة، وتستخدم هذه العمليات فى عمل التلاشى، القطع، التلاصق، الاختيار، التجاهل، التحديث، الإلغاء، والتجزئة فى الظاهرات الموجودة بالخريطة المدخلة أو بين الخرائط المنطبعة.

. الملاحق :

ملحق رقم ٢:

**استخدام تحليل الحرم وتحليل تطابق الخرائط في برنامج Arc GIS .**

١- التطبيق المطلوب هو اختيار الموقع المناسب لإنشاء مستشفى .

٢- الملفات المطلوبة:

- ملف استخدام الأرض.
- ملف أنواع الترتبات.
- ملف الطرق الرئيسية.

٣- الشرط المطلوب هو أن تقع المستشفى في منطقة فضاء (Land = 90) ، في تصنيف التربة رقم (٥) (Soil= 5) ، وبعيداً عن حرم الطريق بنحو ٢٠٠م.

**خطوات العمل:**

١- افتح برنامج Arc Map .

٢- اضف الملفات الثلاثة المطلوب العمل عليها إلى نافذة البرنامج.

٣- صمم خريطة الحرم على ملف الطرق باختيار أداة الحرم Buffer Wizard من قائمة أدوات Tools ، ثم اختر ملف الطرق، واختر الوحدات المترية لحساب المسافات، ثم ادخل رقم ٢٠٠م في تجديد مسافة الحرم، ثم اختر تلاشى الحدود بين الأحرام dissolve barriers between buffers ، ثم حدد اسم الملف الجديد للحرم، وانقر انهاء Finish .

٤- عمل التطابق Overlay بين خريطة استخدام الأرض، وخريطة أنواع الترتبات بواسطة طريقة الاتحاد Union . باختيار أداة التحليل الجغرافي Geoprocessing Wizard من قائمة أدوات Tools . ثم اختر اتحاد طبقتان Union two layers ، وملف استخدام الأرض باعتباره الطبقة المنطبعة Overlay Layer ، ثم اختر اسم الملف الجديد للخريطة المخرجة Output Map ثم انقر إنهاء Finish .

٥- عمل التطابق Overlay بين خريطة الملف الجديد للتطابق السابق، وخريطة الملف الجديد للحرم بطريقة التقاطع Intersect. باختيار أداة GeoProcessing من قائمة أدوات Tools ، ثم اختر Intersect two layers، ثم حدد ملف الحرم باعتباره الطبقة المدخلة Input layer، وملف التطابق السابق باعتبازه الطبقة المنطبعة Overlay Layer، واختر اسم الملف الجديد للخريطة المخرجة ثم انقر إنهاء.

٦- انقر بزر الفارة الأيمن على ملف التطابق الأخير فى جدول المحتويات واختر فتح البيانات الوصفية، ثم اختيار بواسطة البيانات الوصفية Select by Attributes ثم أدخل الصيغة التالية فى مربع المصطلحات. = "Soil" 5 AND "Land" = 90 ثم انقر Apply.

٧- انقر زر Selected فى أسفل جدول البيانات الوصفية لملف التطابق بالتقاطع ستظهر مساحات الاختيار محددة على الخريطة. وهى المساحات الفضاء فى نوع التربة رقم (٥) خارج نطاق الحرم. ثم احفظ هذا الملف بالنقر يزر الفأرة الأيمن على ملف التطابق الأخير واختيار عمل طبقة للظاهرات المختارة Creat layer for selected features وهى طبقة الأراضى الفضاء فى نوع التربة رقم (٥) التى تبعد عن الطريق بما يزيد عن ٢٠٠م.

٨- من الممكن أن يتم تحويل هذه الطبقة إلى ملف رسومى Shap File بالنقر بزر الفأرة الأيمن على طبقة الاختيار، ثم اختر Data ومنها اختر Export Data. سيظهر مربع حوار Export Data، اختر To export all features ثم احفظ الملف الرسومى الناتج، وبهذه الطريقة سيكون محفوظاً فى نظام الاحداثيات نفسه الذى ادخلت به البيانات الأساسية.

# الفصل الرابع

## التحليل المكانى للبيانات النقطية Raster

- ماهية البيانات النقطية
- عناصر البيانات النقطية
- التعريف الجغرافي للبيانات النقطية
- اسقاط البيانات النقطية
- استكمال البيانات المفقودة
- أنواع البيانات النقطية
- دقة البيانات النقطية
- ترقيم البيانات النقطية
- البيانات الوصفية للبيانات النقطية
- تحليل البيانات النقطية
- أساليب التحليل المكاني للبيانات النقطية
  ١- عمليات التحليل الموضعي
  ٢- عمليات تحليل المجاورة
  ٣- عمليات تحليل النطاقات والأقاليم
  ٤- عمليات قياس المسافة
- الخلاصة
- الملاحق

**مقدمة .. ماهية البيانات النقطية:**

يستخدم نموذج البيانات النقطية Raster Data Models فى تعريف ظاهرات سطح الأرض إلى الحاسب الآلى على هيئة سطح مستو يتكون من شبكة Grid من الخلايا Cells، تحمل كل خلية قيمة رقمية تعبر عن الظاهرة المكانية التى تحتلها، وبالتالى فالتغير فى نوع الظاهرات يعكسه التغير فى القيمة الرقمية داخل كل خلية.

ويتم عرض البيانات النقطية بطريقتين، الأولى على هيئة بيانات موضوعية Thematic Data حيث تعبر من خلالها القيم داخل خلايا الشبكة عن القياس الكمى للظاهرة مثل منسوب سطح الأرض، عدد السكان، عدد المبانى، اتساع الطرق، وغيرها. شكل رقم ( ٢٦)، والثانية على هيئة بيانات تشكيلية (رسومية) Image Data حيث تعبر من خلالها القيم داخل خلايا الشبكة عن كمية الضوء المنعكسة من الشئ نفسه فتظهر على شكل ظلال متدرجة من الرمادى الفاتح إلى الرمادى الداكن بحوالى ٢٥٦ درجة (تتراوح قيمة الضوء بين صفر، ٢٥٦)، أو على شكل ألوان متباينة وفى الحالتين تعبر الرؤية عن ما تمثله الشبكة من ظاهرات. شكل رقم (٢٧).

**عناصر البيانات النقطية Raster [1]:**

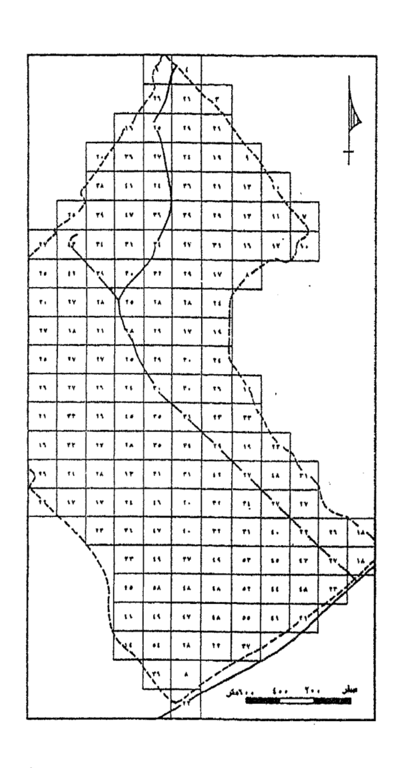
تتكون البيانات النقطية من مجموعة من العناصر الأساسية نستعرضها فيما يلى: -

**١- الشبكة Grid:**

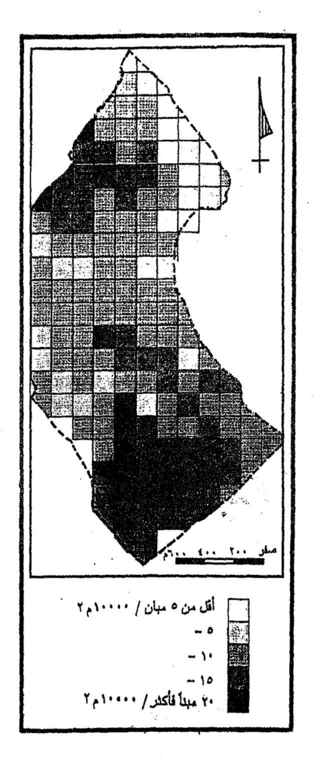
وهى شبكة تصنعها مجموعة متتالية من الخطوط الأفقية التى تتباعد بمسافات متساوية مع مجموعة متتالية من الخطوط الرأسية التى تتباعد عن

---

(1) Esri, Using Arc GIS Spatial Analyst, 2001-2002, pp. 73 - 87.



شكل رقم (٢٦): توزيع المباني بمنطقة العجمي - البيطاش غربي الاسكندرية عام ٢٠٠١ بطريقة البيانات الموضوعية وتعبر فيها قيمة كل خلية عن عدد المباني بداخلها




شكل رقم (٢٧): توزيع كثافة المباني بمنطقة العجمي - البيطاش غربي الإسكندرية عام ٢٠٠١ على هيئة بيانيات تشكيلية وتعبر فيها درجة الظل على درجة كثافة المباني بكل خلية

بعضها بالمسافات المتساوية نفسها فتنتج شبكة من المربعات متساوية المساحة تمثل طبقة معلوماتية منفردة تغطى المنطقة المدروسة مثل توزيع أنواع الترب، صور استخدام الأرض، شبكة الطرق، مجارى الانهار، مناسيب سطح الأرض، كميات المطر المتساقط، وغيرها، وتمثل مساحة الشبكة مساحة المنطقة على سطح الأرض التى تتوزع عليها الظاهرة. ولكى يتم تمثيل جميع الظواهر الموجودة فى نطاق أرضى محدد يتم انتاج مجموعة متعددة من الشبكات Maltiple Raster كل منها ينفرد بتمثيل ظاهرة واحدة ويتوافق عدد الشبكات مع عدد الظاهرات التى تمثل الوصف الكامل لسطح الأرض، شكل رقم ( ٢٨) .

**٢- الخلية The Cell:**

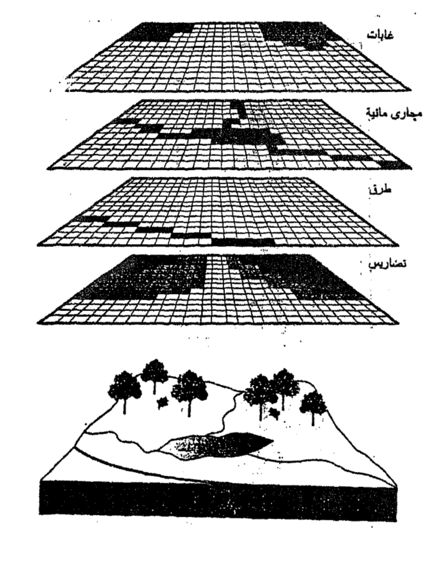
الخلية هى أصغر مساحة بالشبكة Pixel، وجميع خلايا الشبكة مربعات متساوية المساحة ويسمى طول ضلع الخلية بحجم الخلية Cell size، ومن الممكن التحكم بمساحة الخلية من حيث تصغيرها أو تكبيرها بما يتناسب مع تمثيل الظاهرات، وفى الأغلب يجب أن تكون مساحة الخلية صغيرة بدرجة تسمح بتمثيل تفاصيل الظاهرة المعرفة. شكل رقم (٢٩) .

**٣- السطور والأعمدة Rows and Columns:**

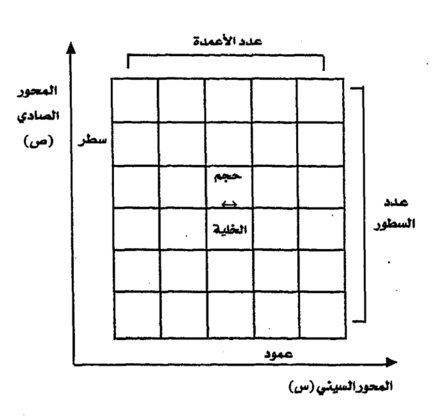
تُرتب الخلايا فى سطور وأعمدة، وتكون السطور موازية للمحور السينى X - axis، وتكون الأعمدة موازية للمحور الصادى Y - axis، وتقع الخلية عند تقاطع السطر مع العمود، ويتم تحديد موقعها تبعاً للبعد الرأسى (رقم السطر) والبعد الأفقى (رقم العمود) عن نقطة الأصل.

**٤- قيم الخلايا Values:**

يتم تعريف الظاهرة المدروسة من خلال ترقيم الخلايا، فلكل خلية قيمة رقمية تعبر عن الظاهرة، ففى حالة ترقيم مجموعة من الفنادق فى شبكة



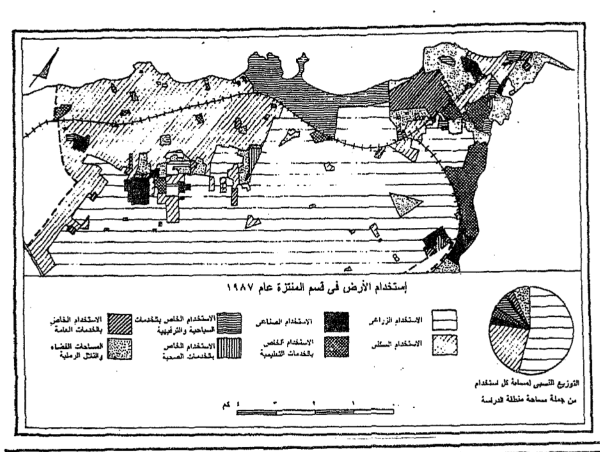

**شكل رقم (٢٨): تمثيل ظاهرات سطح الأرض علي طبقات معلوماتية متعددة Multiple Raster**




**شكل رقم (٢٩): شبكة البيانات النقطية Raster**

البيانات النقطية Raster، تعطى لكل خلية يقع بداخلها الفندق رقم (١) – على سبيل المثال – أما باقى الخلايا الخالية من الفنادق تأخذ رقماً آخر وليكن (٢). وعند ترقيم طريق بشبكة أخرى، تعطى لكل خلية يمر بها الطريق رقم (١)، أما باقي الخلايا تأخذ رقماً آخر، وعند ترقيم صور استخدام الأرض بشبكة أخرى، تعطى لكل خلية يمر بها الاستخدام السكنى رقم (١)، أما الخلايا التى يمر بها الاستخدام الصناعى تأخذ رقم (٢)، والخلايا التى يمر بها الاستخدام الزراعى تأخذ رقم (٣) وهكذا لباقى صور استخدام الأرض – شكل رقم (٣٠). وتعبر هذه القيم عن نوع الظاهرة الموجودة بالخلايا، وهى أرقام صحيحة فقط.

ويمكن أن تعبر القيم التى تعطى للخلايا عن مقدار Magnitude، مثل المسافة، الحجم، الارتفاع، الوزن، العدد، الكثافة، المعامل، وغيرها، فعند

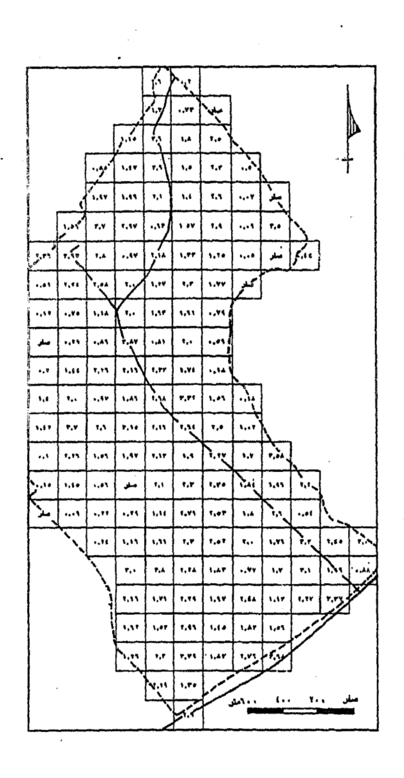






**شكل رقم (٣٠): تحويل خريطة استخدام الأرض بحي المنتزة**

**إلي نموذج البيانات النقطية Raster**

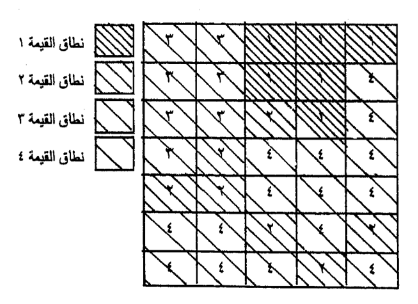


**شكل رقم (٣١): ترقيم بيانات معامل التباين (ف) في عدد أدوار المباني بمنطقة العجمي - البيطاش غربي الإسكندرية عام ٢٠٠١**

ترقيم مناسيب سطح الأرض تأخذ كل خلية قيمة منسوب النقطة الموجودة بها، وعند ترقيم خرائط المناخ مثل خريطة كمية المطر التساقط تعبر كل خلية عن محطة أرصاد جويه يسجل بداخلها الرقم الدال على كمية المطر المتساقط عليها، وعند ترقيم خريطة توزيع عدد المبانى، يعطى لكل خلية رقم يدل على عدد المبانى الموزعة بداخلها وهكذا.. وفى هذه الحالة يمكن أن تكون قيم الخلايا أرقام صحيحة، أو أرقام كسرية. شكل ر قم (٣١).

**٥- النطاقات Zones:**

يتكون النطاق Zone من خليتين أو أكثر من الخلايا التى لها القيمة ذاتها، التى تعبر عن توزيع ظاهرة واحدة بداخلهم، ويمكن أن يتكون النطاق الواحد من مجموعة من الخلايا المتصلة أو مجموعات من الخلايا المنفصلة أو الاثنين معاً، فالنطاقات التى تتكون من خلايا متصلة عادة ما تمثل ظاهرة منفردة مثل طريق، بحيرة، مبنى، خط أنابيب. أما النطاقات التى تتكون من مجموعات من الخلايا المنفصلة عادة ما تمثل ظاهرات متكررة مثل أنواع الترباب، أنواع الحشائش، صوراستخدام الأرض. شكل رقم (٣٢).




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ٣ | ٣ | ١ | ١ | ١ |
| ٣ | ٣ | ١ | ١ | ٤ |
| ٣ | ٣ | ٢ | ١ | ٤ |
| ٣ | ٢ | ٤ | ٤ | ٤ |
| ٢ | ٢ | ٤ | ٤ | ٤ |
| ٤ | ٤ | ٢ | ٤ | ٢ |
| ٤ | ٤ | ٤ | ٢ | ٤ |

**شكل رقم (٣٢): تقسيم شبكة البيانات النقطية إلى نطاقات Zones**

**٦- الأقاليم Regions:**

يتكون الاقليم Region من مجموعة من الخلايا المتصلة فى النطاق Zone التى لها القيمة نفسها، فالنطاق الذى يتكون من مجموعة خلايا متصلة له اقليم واحد فقط، والنطاق الذى يتكون من مجموعات خلايا منفصلة له أكثر من اقليم. شكل رقم (٣٣).




**شكل رقم (٣٣): تقسيم شبكة البيانات النقطية إلى نطاقات وأقاليم**

**٧- الجدول المرفق للشبكة:**

البيانات النوعية التى تمثل بشبكة من الخلايا موزع بداخلها أرقام صحيحة يدل كل منها على نوع الظاهرة يكون لها جدول ملازم لها، هذا الجدول مكون من عمودين الأول يوضح القيمة التعريفية للظاهرة، والثانى يوضح عدد الخلايا التى تتوزيع بداخلها هذه الظاهرة. شكل رقم (٣٤).

| القيمة | عدد الخلايا |
|---|---|
| ١ | ٣ |
| ٢ | ٣ |
| ٣ | ٢ |
| ٤ | ٤ |
| ٥ | ٤ |

| ١ | ١ | ٥ | ٥ |
|---|---|---|---|
| ١ | ٢ | ٥ | ٥ |
| ٣ | ٢ | ٤ | ٤ |
| ٣ | ٢ | ٤ | ٤ |

**شكل رقم (٣٤): جدول البيانات المرفق لشبكة البيانات النقطية Raster**

**٨- الاسم Name:**

يطلق على كل بيـان نقطى إسم يميـزه عن باقى البـيـانات النقطيـة الأخرى، فجميع العمليات من عرض واسترجاع ومعالجة وتحليل تتم من خلال الإسم. شكل رقم (٣٥).

| التربات | | | |
|---|---|---|---|
| القيمة | عدد الخلايا | النوع | الكود |
| ١ | ٣ | رملية | ١٠ |
| ٢ | ٣ | جيرية | ٢٠ |
| ٣ | ٢ | حمراء | ٣٠ |
| ٤ | ٤ | بنية | ٤٠ |
| ٥ | ٤ | سوداء | ٥٠ |

| ١ | ١ | ٥ | ٥ |
|---|---|---|---|
| ١ | ٢ | ٥ | ٥ |
| ٣ | ٢ | ٤ | ٤ |
| ٣ | ٢ | ٤ | ٤ |

**شكل رقم (٣٥): استخدام الاسم في تعريف البيانات النقطية Raster**

### التعريف الجغرافي للبيانات النقطية:

**Georeferancing a Raster Dataset**

يلزم للتعريف الجغرافى للبيانات النقطية من خريطة مصورة إلى السطح الحقيقى المعرف بنظام الاحداثيات، أن يتم تحديد مواقع الظاهرات باحداثياتها الجغرافية، وسوف تكون هذه المواقع المعرفة بنظام الاحداثيات بمثابة نقط تحكم تستخدم كمرجعية عند التحويل من نظام احداثيات إلى نظام احداثيات آخر.

فعلى سبيل المثال يمكن أن تكون المواقع المعرفة جغرافياً جزء من طريق، نهر، ركن من مبنى، أو جسر، أو مصب نهر، تل، بئر، نقطة مثلثات، أو قاطع نقطة تقاطع طريقين، وغيرها.

### إسقاط البيانات النقطية Projecting Raster Database:

تتوزع ظاهرات السطح فى شبكة البيانات النقطية على الخلايات المربعة متساوية المساحة، وعندما يتم إسقاط هذه الشبكة بأحد المساقط المستخدمة فمن المحتمل أن يتغير عدد السطور وعدد الأعمدة وحجم الخلية فى الشبكة تبعاً لخصائص المسقط المستخدم والعلاقة الهندسية التى يحققها. وبالمثل عند التحويل من مسقط إلى مسقط آخر يتغير شكل ومساحة الخلية.

ويشترط عند اجراء التحليل المكانى بين أكثر من طبقة معلوماتيه بنموذج البيانات النقطية Raster أن تكون جميع الطبقات مرسومة بمسقط واحد، فإذا تم إجراء التحليل المكانى بين طبقتين أو أكثر كل منهما مرسوم بمسقط مختلف عن الأخرى فإن نتيجة التحليل سوف تكون خاطئة بسبب عدم تطابق شكل ومساحة الخلية بكل طبقة مع نظيرتها فى الطبقة الأخرى.

**استكمال البيانات المفقودة:**

عند إنشاء شبكة بيانات نقطية Raster لمجموعة من البيانات النوعية أو الكمية فإنه أحياناً ما تظهر بعض الخلايا خالية من القيم الدالة على هذه البيانات وفى هذه الحالة يتم تحديد قيم هذه الخلايا اعتماداً على قيم الخلايا المجاورة لها بثلاث طرق مختلفة نستعرضها فيما يلى:

**١- طريقة الجار الأقرب Nearest Neighbor:**

وتعتمد هذه الطريقة فى استكمال قيم الخلايا الفارغة فى الخريطة المدخلة على البحث عن أقرب مركز خلية مجاورة للخلية الفارغة ويتم تسجيل قيمة أقرب خلية مجاورة إلى الخلية الفارغة، وتستكمل جميع قيم الخلايا الفارغة بهذا الشكل. وتستخدم هذه الطريقة للبيانات النوعية مثل استخدام الأرض، التركيب المحصولى، أنواع الترباب وغيرها.

**٢- طريقة التوليف:**

وتعتمد هذه الطريقة على استكمال قيم الخلايا الفارغة فى الخريطة المدخلة على حساب متوسط قيم أقرب أربع خلايا مجاورة للخلية الفارغة، وتستخدم هذه الخريطة فى البيانات المستمرة مثل المناسيب، الانحدار، درجة الحرارة، كمية الامطار، نسب تركز الملوثات، قيم الضوضاء وغيرها، وهى لا تصلح للبيانات النوعية لأن الأنواع لا يحسب لها متوسط حسابى.

**٣- طريقة الإلتفاف المكعب Cubic Convolution[1]:**

وهى تشبه طريقة التوليف السابق ذكرها، وتعتمد هذه الطريقة على حساب المتوسط الحسابى لقيم أقرب ست عشرة خلية للخلية الفارغة.

**أنواع البيانات النقطية:**

يستخدم نموذج البيانات النقطية Raster فى تمثيل الظاهرات النوعية مثل

---

(1) ESRI., Using ArcGIS. Spatial Analyst, USA, 2002, P. 81.

أنواع الترباث، أنواع استخدام الأرض، أنواع المحاصيل، أنواع التضاريس، وغيرها، وفى هده الحالة تكون قيم الخلايا أرقام صحيحة يعبر كل منها عن نوع الظاهرة التى تحتل الخلية وتسمى فى هذه الحالة بالبيانات النوعيه Categorical Data أو غير المستمرة Discontinuous Data.

أما فى حالة تمثيل الظاهرات الكمية التى يمكن التعبير عنها بمقدار رقمى، مثل ارتفاعات المبانى، مناسيب سطح الأرض، درجات الحرارة، نسب الرطوبة، كمية المطر، تركز الملوثات، قيمة الضوضاء، انحدار سطح الأرض، فى هذه الحالة تكون قيم الخلايا أرقام صحيحة أو كسرية يعبر كل منها عن مقدار الظاهرة التى تحتل الخلية وتسمى فى هذه الحالة بالبيانات المستمرة Continuous Data.

نوع آخر من البيانات المستمرة تشمل الظاهرات التى تتغير بالتقدم أو الاندفاع، أو بمعنى آخر تنطلق من مصدرها وتتحرك بعيدة عنه مثل انطلاق الحرارة من حرائق الغابات، فتكون درجة الحرارة أكبر ما يمكن عند مصدر الحريق ثم تقل تدريجياً بالابتعاد عنه، أو عندما تنطلق الحرارة من فوهة البركان، فتكون درجة الحرارة أكبر ما يمكن عند موقع البركان ثم تقل تدريجياً بالابتعاد عنه، أو تكون شدة الضوضاء أكبر ما يمكن بجوار مصدرها ثم تنخفض تدريجياً بالابتعاد عنه، أو تكون درجة التلوث الهوائى أكبر ما يمكن بجوار مصدره من لوافظ المصانع ثم تنخفض تدريجياً بالابتعاد عنه – على سبيل المثال لا الحصر. وفى هذه الحالات تكون قيم الخلايا حول الخلية المصدر أكبر ما يمكن ثم تنخفض قيم الخلايا تدريجياً بالبعد عن المصدر.

**دقة البيانات النقطية The Resolution of Raster Data:**

تتباين دقة البيانات النقطية تبعاً لحجم الخلية الذى يجب أن يكون صغيراً بشكل يسمح بتمثيل التفاصيل المطلوبة للظاهرة. ويراعى عند تحديد حجم

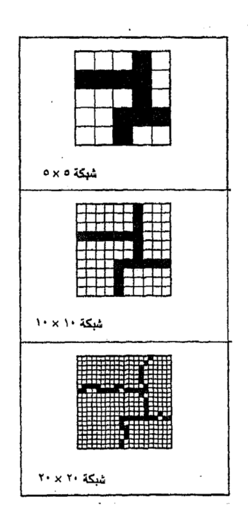
الخلية الدقة المطلوب تمثيل البيانات المدخلة بها، وحجم البيانات بالنسبة لسعة التخزين على القرص الصلب أو القرص المرن أو المضغوط، والوقت المطلوب، ونوع التحليل الذى سوف يستخدم.

فزيادة الدقة تعنى انخفاض حجم الخلية وزيادة السعة التخزينية للبيانات، وانخفاض سرعة التحليل، وزيادة تكاليف المشروع، فعند تغيير الدقة لنصف حجم الخلية يحتاج المستخدم أكثر من أربعة أضعاف سعة التخزين. شكل رقم (٣٦).

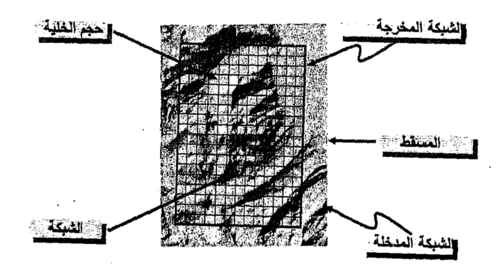
**ترقيم البيانات النقطية:**

يتم انشاء شبكة البيانات النقطية Raster على هيئة شبكة من الخلايا المربعة تكسو الخريطة المدخلة Input Map التى تمثل منطقة الدراسة. شكل رقم (٣٧)، ويعطى قيمة رقمية لكل خلية تعبر عن الظاهرة التى تمر بمركز الخلية، وتعتمد أساليب التحليل المكانى على هذه القيم الرقمية فى إجراء التحليل، ويتناسب حجم الخلية مع الظاهرة المدروسة فعلى سبيل المثال عند ترقيم ظاهرة نقطية مثل الآبار لا يمكن أن يستخدم حجم خلية يبلغ ١ كم عند دراسة توزيع الآبار، فإذا تم ذلك فإن اكثر من بئر سيقع داخل خلية واحدة وفى هذه الحالة عند اجراء التحليل سيتم اختيار أحد هذه الآبار بشكل عشوائى لتمثل الخلية فى الخريطة المخرجة. ولتجنب ذلك يجب تصغير حجم الخلية إلى الحد الذى يسمح بعدم تكرار اكثر من بئر فى خلية واحدة.

وبالمثل عند ترقيم ظاهرة خطية مثل الطرق فان قيم الخلايا سوف تُعطى للخط الذى يمر بالخلية، وفى حالة ما إذا كان حجم الخلية كبيراً لدرجة تسمح بمرور أكثر من طريق فى خلية واحدة، فإن اداة التحليل المكانى سوف تختار عشوائياً أحد هذه الخطوط لتمثيل موقع الخلية فى الخريطة المخرجة. فعلى سبيل المثال إذا تم ترقيم خريطة الطرق على شبكة ذات خلايا بحجم كبير يبلغ ١كم فإن الطريق الذى سوف يمر بهذه الخلايا سيظهر باتساع يبلغ ١كم




**شكل رقم ( ٣٦ ): تباين تمثيل الظاهرات تبعاً لتباين دقة الشبكة وحجم الخلية**




**شكل رقم ( ٣٧ ): تمثيل الخريطة الأساس بشبكة البيانات النقطية Raster**

فى الخريطة المخرجة، وهو اتساع مبالغ فيه لا ينطبق مع الواقع، وفى حالة إختيار خلية بحجم يبلغ متر واحد، فان اتساع الطريق سيبلغ متراً واحداً فى الخريطة المخرجة، وهو اتساع لا ينطبق مع الواقع أيضاً، ولذلك فأنه يجب أن يختار حجم خلية يتناسب مع الظاهرة الخطية.

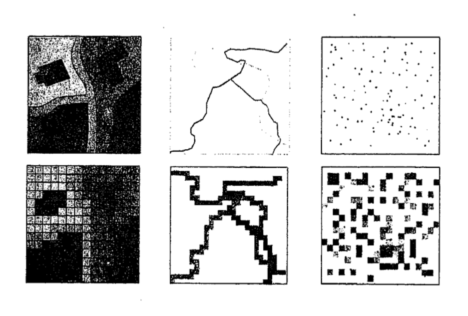
وعند ترقيم ظاهرة مساحية فإن قيم الخلايا سوف تُعطى لنوع الظاهرة التى تحتل الخلية، ويراعى أن يقل حجم الخلية بقدر الامكان حتى تظهر حدود الظاهرة المساحية أقل تشوهاً وأقرب إلى ا امتدادها الواقعى على سطح الأرض.

إذن ترقم الظاهرات النقطية باعتبار النقطة هى خلية، وهى أصغر وحدة فى البيانات النقطية وكلما انخفض حجم الخلية كلما اقترب التمثيل من الواقع، وترقم الظاهرات الخطية باعتبار الخط هو سلسلة متصلة من الخلايا، وكلما انخفض حجم الخلية كلما اقترب تمثيل الخط الى الواقع فى الخريطة المخرجة، وترقم الظاهرات المساحية على هيئة مجموعة متصلة من الخلايا تحدد شكل الظاهرة المساحية، وترتبط دقة حدود المساحة بحجم الخلية، فتزداد الدقة ويقترب التمثيل من الواقع كلما انخفض حجم الخلية.

**البيانات الوصفية للبيانات النقطية Attributes to Raster Data:**

تعد القيمة الرقمية للخلية هى البيان الوصفى لها، وهو يُعرِّف النوع، أو المقدار، وفى حالة النوع يكون رقماً صحيحاً، وفى حالة المقدار يكون رقماً صحيحاً أو كسرياً.

يتشكل النطاق Zone من مجموعة الخلايا التى لها القيمة نفسها، وقد تكون هذه المجموعة متصلة أو غير متصلة، وكل مجموعة متصلة داخل النطاق تشكل اقليم Region. ويتكون جدول البيانات الوصفية من ثلاثة حقول (أعمدة) الأول تحدد فيه قيمة الخلية، الثانى عدد الخلايا التى تُحمل القيمة نفسها، والثالث نوع الظاهرة المناظرة لقيمة الخلية. شكل رقم (٣٩).



شكل رقم (٣٨): ترقيم البيانات النقطية Raster

جدول البيانات الوصفية

| استخدام الأرض | | |
|---|---|---|
| قيمة الخلية | عدد الخلايا | نوع الاستخدام |
| ١ | ٤ | سكنى |
| ٢ | ٦ | صناعى |
| ٣ | ٤ | ذراعى |
| ٤ | ٥ | تجارى |

الخريطة المدخلة لصور استخدام الأرض

| | | | |
|---|---|---|---|
| ٢ | ٢ | ٢ | ١ | ١ |
| ٢ | ٢ | ١ | ٢ |
| ٣ | ٢ | ١ | ٢ |
| ٣ | ٣ | ٣ | ٤ |
| ٤ | ٤ | ٤ | ٤ |

شكل رقم (٣٩): جدول البيانات الوصفية لنموذج البيانات النقطية Raster لصور استخدام الأرض .

**تحليل البيانات النقطية Raster Data Analysis:**

يوفر نموذج البيانات النقطية Raster تسهيلات كبيرة فى عمليات تحليل البيانات بسبب سهولة بنائه على هيئة شبكة من المربعات وكل مربع أو خلية يحمل قيمة تعبر عن خصائص الظاهرة التى تحتل هذه الخلية، وفى حالة تحليل شبكة واحدة تكون عمليات التحليل من أسهل ما يمكن لاعتمادها على قيم الخلايا مباشرة دون حساب الأبعاد الچيومترية كما هو الحال فى نموذج البيانات الاتجاهية Vector، وفى حالة تحليل أكثر من شبكة فإن تطابق الشبكات فى حجم الخلية والمساحة المغطاه يسهل عملية التحليل وتطابق الخرائط وإعادة تصنيفها، كما يسهل عملية توليف السطوح Surface Interpolation وعمليات تحليل الرؤية، إتجاهات الانحدار، ويمكن بذلك

تخزين مجموعة كبيرة من النقاط والخطوط والمساحات للسطوح المتشابهة، وتجرى عمليات التحليل بسرعة فائقة.

ويؤدى التمثيل المتشابه للشبكات عند إجراء عمليات التحليل إلى معالجة الظاهرات بطريقة متشابهة لا تحتاج إلى قياسات جيومترية مختلفة، فالبناء المتشابه لشبكة المربعات للبيانات النقطية Raster يوحد السطح بما يحمله من ظاهرات نقطية (ومثل طبقة المناسيب) مع الظاهرات الخطية (مثل طبقة الطرق) مع الظاهرات المساحية (مثل طبقة استخدام الأرض) فى تحليل واحد بكل سهولة وسرعة.

وتعد دقة شبكة البيانات النقطية Raster أهم ما يوضع فى الاعتبار عند عمل التحليل المكانى للشبكة، فكلما كانت الخلايا أصغر كلما تم تمثيل ظاهرات سطح الأرض بشكل أقرب من امتدادها الحقيقى على سطح الأرض، كلما زادت دقة التحليل المكانى، فالدقة المنخفضة للشبكة أحد السلبيات التى يمكن أن تقلل من دقة التحليل المكانى، ففى حالة تمثيل بئر مياه فى خلية مساحتها كيلومتر مربع فهذا يعنى أن التحليل سيقوم على اعتبار أنه لا يوجد ظاهرات أرضية أخرى غير البئر فى هذه المساحة وهذا مخالف للواقع، وسوف يهمل التحليل أى ظاهرات أخرى مجاورة للبئر فى المساحة نفسها فى السطح الأرضى الحقيقى، وهذا فى حد ذاته يقلل من دقة التحليل المكانى، لأنه فى حالة ما تم زيادة دقة الشبكة بتقليل مساحة الخلية إلى ١٠ متر مربع بدلاً من واحد كيلومتر مربع فإن الظاهرات التى أهملها التحليل فى عشرة آلاف متر مربع سوف تكون ممثلة على شبكة البيانات وتأخذ قيم ظاهرات أخرى ستدخل ضمن عمليات التحليل المكانى بالقيم التى تحملها وتزداد بذلك دقة التحليل المكانى.

تعتمد دقة التحليل المكانى إذن على المساحة التى يشملها التحليل، وحجم

خلية النموذج الشبكى لها، وعند تحليل طبقة بيانات واحدة فقط فإن حجم خلية الخريطة المخرجة Output Map سيكون مساوياً لحجم خلية الخريطة المدخلة Input Map، وعند تحليل أكثر من طبقة بيانات Multiple Layers فإن الخريطة المخرجة ستكون محصلة اتحاد الطبقات أو تقاطعها، فالاتحاد يعنى أن الخريطة المخرجة ستكون شبكتها مساوية فى مساحتها لمساحة أكبر شبكة مدخلة، أو لأكبر مساحة تغطيها الشبكات المدخلة مجتمعة، والتقاطع يعنى أن الخريطة ستكون شبكتها مساوية فى مساحتها لمساحة المنطقة التى يتكرر وجودها فى الخريطتين المدخلتين (الشبكتين المدخلتين). ويمكن للمستخدم أن يتحكم فى حجم خلية الخريطة المخرجة بما يتوافق مع المقياس الذى يحدده فى دراسته، ولكن لا يمكن تصغير حجم الخلية فى الشبكة المخرجة عن حجم الخلية في الشبكة المدخلة، والممكن هو أن يكون مساوياً له أو أكبر منه.

**أساليب التحليل المكاني للبيانات النقطية Raster:**

تتعدد أساليب التحليل المكانى للبيانات النقطية Raster وفقاً لنوع الظاهرة المدروسة، وللمساحة الموزعة فيها، وللمساحة المطلوب العمل عليها، وتكون المحصلة النهائية للتحليل هو أن الشبكة المخرجة سوف تحمل خلاياها قيم جديدة تُعبر عن نتيجة التحليل الذى تم على الشبكة أو الشبكات المدخلة.

**١- عمليات التحليل الموضعي Local Operations:**

وهى عمليات تحليل يتم اجراؤها على خلايا الشبكة خلية تلو الأخرى[1]، وهى تتم إما علِى شبكة مدخلة واحدة، أو على شبكات مدخلة متعددة، وتنتج شبكة جديدة تحسب قيم خلاياها بواسطة الصيغة المستخدمة فى تحليل قيم الشبكة أو الشبكات المدخلة، وبالتالى فإن خلايا الشبكة المخرجة تحمل قيماً جديدة هى محصّلة التحليل الذى تم على قيم الشبكة أو الشبكات المدخلة.

---

(1) Chang, K., op. Cit., p. 226.

### أ - عمليات التحليل الموضعي لشبكة مدخلة واحدة:

وتتم فيها عمليات التحليل على خلايا شبكة واحدة مدخلة فقط، حيث ينتج شبكة جديدة مخرجة تحمل خلاياها قيماً جديدة كمحصلة لعملية تحليل رياضية لقيم خلايا الشبكة المدخلة، مثل الصيغ الرياضية المنطقية (الجمع، الطرح، الضرب، القسمة). وعمليات اللوغاريتمات، وعمليات القوى (التربيع، التكعيب، الجذر التربيعى، الجذر التكعيبى، قوى الأس). وعمليات حساب المثلثات (الجيوب، جيوب التمام، الظلال، مقلوب الجيوب، مقلوب جيوب التمام، مقلوب الظلال).

وتشمل عمليات التحليل الموضعى أيضاً عمليات أخرى مثل تحويل قيم الخلايا من أرقام عشرية إلى أرقام صحيحة، أو تحويل زوايا القطاعات الدائرية المسجلة بالدرجات إلى نسب مئوية، أو تحويل القياسات الكيلو مترية (النظام الفرنسى للقياس) إلى قياسات ميلية (النظام الانجليزى للقياس)، أو تحويل قيم الامطار الساقطة من قيمتها بالبوصة إلى قيمتها بالسنتميترات، أو تحويل درجات الحرارة الفرنهيتية إلى درجات حرارة مئوية، على سبيل المثال لا الحصر.

### ب- عمليات التحليل الموضعي لشبكات مدخلة متعددة:

وتتم فيها عمليات التحليل على خلايا شبكات متعددة، وهى عمليات تشبه عمليات التطابق Overlaying فى نموذج البيانات الاتجاهية Vector حيث يتم وضع الشبكات المدخلة فوق بعضها Superimposing ثم تبدأ عمليات التحليل، ومن مميزات هذه العمليات على نموذج البيانات النقطية Raster هو تشابه حجم الخلايا فى جميع الشبكات المدخلة، وتشابه مساحة جميع الشبكات المدخلة، مما يعطى فعالية سريعة للتحليل على أساس تطابق الشبكات فى حجم الخلية (الدقة) والمساحة.

الشبكة المخرجة

| ٥ | ٥ | ٥ | ٢,٥ |
|---|---|---|---|
| ١٠ | ٥ | ٢,٥ | ٥ |
| ١٠ | ٢,٥ | ٢,٥ | ٢,٥ |
| ١٠ | ٥ | ٥ | ٥ |

كمية المطر بالسنتميرات

الشبكة المدخلة

| ٢ | ٢ | ٢ | ١ |
|---|---|---|---|
| ٤ | ٢ | ١ | ٢ |
| ٤ | ١ | ١ | ١ |
| ٤ | ٢ | ٢ | ٢ |

كمية المطر بالبوصة

| ٢٠ | ٢٥ | ٢٠ | ٢٠ |
|---|---|---|---|
| ٢٠ | ٢٥ | ٢٠ | ٢٥ |
| ٢٥ | ٣٠ | ٢٥ | ٢٠ |
| ٣٠ | ٣٠ | ٢٠ | ٢٥ |

درجة الحرارة م°

| ٨٦ | ٧٧ | ٦٨ | ٦٨ |
|---|---|---|---|
| ٨٦ | ٧٧ | ٦٨ | ٧٧ |
| ٧٧ | ٨٦ | ٧٧ | ٦٨ |
| ٨٦ | ٨٦ | ٦٨ | ٧٧ |

درجة الحرارة ف°

**شكل رقم (٤٠): بعض عمليات التحليل الموضعي**

**Local Operations**

وبجانب عمليات التحليل السابق ذكرها في الفقرة السابقة الخاصة بالتحليل الموضعى على شبكة واحدة، فإنه يمكن استخدام مقاييس الوصف الاحصائى فى حالة تحليل الشبكات المتعددة مثل حساب أكبر قيمة فى قيم الخلايا بالشبكات المدخلة، أو أصغر قيمة، أو المدى بينهما، الوسط الحسابى، الوسيط، المنوال، المجموع، الانحراف المعيارى، معامل الاختلاف.

فعلى سبيل المثال إذا كان لدينا خمس شبكات مدخلة يعبر كل منها عن توزيع كمية المطر السنوى (فترة خمس سنوات)، فيمكن حساب متوسط كمية المطر السنوى خلال فترة خمس سنوات، وفى هذه الحالة ستكون قيم خلايا الشبكة الجديدة للخريطة المخرجة هى متوسط كمية المطر خلال خمس سنوات، وبمعنى آخر سيتم جمع قيم الخلية الأولى فى العام الأول مع الثانى فالثالث فالرابع فالخامس وقسمة المجموع على خمسة (عدد سنوات القياس) ويكون الناتج هو قيمة الخلية الأولى فى الشبكة الجديدة المخرجة، ثم تكرر عملية حساب المتوسط الحسابى لكل خلية من خلايا الشبكة، وهكذا بالنسبة لأى مقياس احصائى يراد حسابه على الشبكات.

ويقوم مستخدم برامج نظم المعلومات الجغرافية بإستخدام الآلة الحاسبة للبيانات النقطية Raster Calculator المتوفرة بالبرنامج فى كتابة الصيغة الحسابية أو الاحصائية المطلوب إجراءها على الشبكة أو الشبكات المدخلة.

ومن أكثر العمليات التحليلية الأخرى شيوعاً التى يتم اجراؤها بخاصة على البيانات النوعية عمليات قياس القيم الأغلب توزيعاً Majority الأكثر تكراراً، قياس القيم الأقل توزيعاً Minority، قياس القيمة الوحيدة (الفريدة)، أو قياس التنوع فى القيم Variety .

فعلى سبيل المثال فى حالة تمثيل خرائط استخدام الأرض بشبكة البيانات النقطية Raster، سيتم تمثيل كل صورة من صور استخدام الأرض

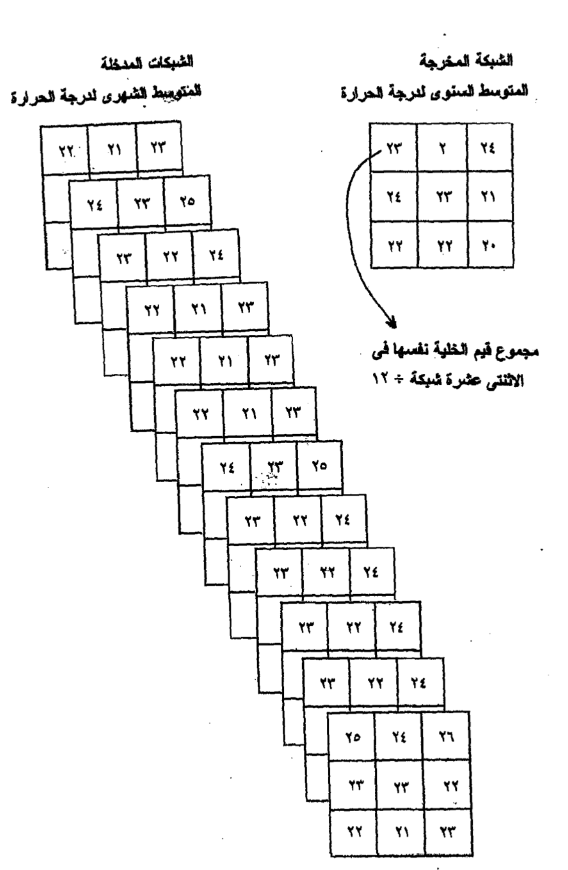
على هيئة نطاقات Zones من الخلايا المتجاورة أو غير المتجاورة ، فإن خلايا كل نطاق ستحمل رقم معين يتكرر فى جميع الخلايا المتجاورة أو غير المتجاورة التى يحتلها الاستخدام، وعند اجراء التحليل الموضعى فإن البرنامج سيمر على جميع الخلايا لكى يحدد الاستخدام الأغلب أو الأكثر انتشاراً أو الأكبر مساحة (الذى تكرر وجودها فى أكبر عدد من الخلايا) ، وكذلك الاستخدام الأقل انتشاراً أو الأصغر مساحة (الذى تكرر وجودها فى أقل عدد من الخلايا) .

**تطبيقات عمليات التحليل الموضعي:**

أهم أكثر التطبيقات الجغرافية شيوعاً لعمليات التحليل الموضعى هى رسم خرائط المتوسطات، ورسم خرائط التغير المكانى والزمانى لصور استغلال واستخدام الأرض، وفيما يلى أمثلة لأهم تلك التطبيقات.

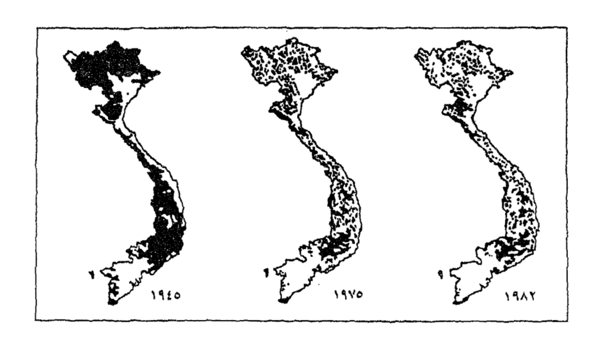
١- لرسم خرائط المتوسط السنوى لدرجة الحرارة، فى هذه الحالة سيكون لدينا اثنتى عشرة شبكة مدخلة يمثل كل منها المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة، وعند اجراء التحليل سيتم جمع قيم الخلية رقم (١) فى الاثنتى عشرة شبكة وقسمتها على (١٢) فينتج قيمة جديدة تسجل فى الخلية رقم (١) فى الشبكة المخرجة وتكرر العملية لباقى الخلايا. شكل رقم (٤١) .

٢- دراسة ظاهرة التغير فى صورة أو أكثر من صور استخدام الأرض، فعلى سبيل المثال عند رصد ظاهرة تناقص مساحات الغابات فى فيتنام خلال الفترة بين عامى ١٩٤٥ ، ١٩٨٢م . التى يوضحها الشكل رقم (٤٢) فيلزم توافر ثلاث خرائط مدخلة على فترات متباينة لمساحة الغابات فى ڤيتنام، وفى حالة تحويلهم إلى ملفات رقمية رسومية بنموذج البيانات النقطية Raster فإن الشبكة الأولى ستمثل الخريطة الأولى التى توضح مساحة نطاق الغابات عام ١٩٤٥ ، وهذا يعنى أن جميع خلايا نطاق الغابات




**شكل رقم (٤١): حساب المتوسط السنوي لدرجة الحرارة من خلال المتوسطات الشهرية لها (° م)**

الغابات تحمل قيمة واحدة دالة على نوع إستغلال الأرض (الغابات)، وتمثل الشبكة الثانية مساحة نطاق الغابات عام ١٩٧٥، وهذا يعنى أن جميع خلايا نطاق الغابات فيها تحمل القيمة ذاتها التى تحملها خلايا الغابات فى الشبكة الأولى، وتمثل الشبكة الثالثة مساحة نطاق الغابات عام ١٩٨٢، وهذا يعنى أن جميع خلايا نطاق الغابات فيها تحمل القيمة ذاتها التى تحملها خلايا الغابات فى الشبكتين الأولى والثانية، وعن طريق حصر عدد الخلايا التى تتوزيع داخلها الغابات فى كل شبكة تنتج مساحة نطاق الغابات بكل منها، ويمكن حساب الفارق فى المساحة بين كل فترة وأخرى، وحساب معدلات التغير فى مساحة نطاق الغابات بين كل فترة وأخرى.




شكل رقم (٤٢): تناقص مساحة الغابات في فيتنام
خلال الفترة بين عامي ١٩٤٥، ١٩٨٢م

## ٢- عمليات تحليل المجاورة Neighborhood Operations:

وهى عمليات تحليل تشمل صلة الخلية بالخلايا المجاورة لها بالشبكة المدخلة[١]، ويتم تحديد الخلايا المجاورة للخلية بقياس هندسى معين، وتكون قيم الخلايا فى الشبكة المخرجة هى ناتج عملية التحليل بين كل خلية والخلايا المجاورة لها فى الشبكة المدخلة. وتتم هذه العمليات على شبكة بيانات نقطية Raster واحدة فقط.

ويتم تحديد نطاق التجاور بطرق هندسية مختلفة تتفاوت فيما بينها فى عدد الخلايا المجاورة التى سوف تدخل فى عملية التحليل، وهى كالآتى[٢]: –

١- نطاق تجاور على شكل مربع يتحدد على أساس نطاق يتكون من تسع خلايا (٣ أسطر × ٣ أعمدة) بحيث يكون موقع الخلية التى سوف تحمل القيمة الجديدة الناتجة بفعل التحليل فى مركز المربع وتسمى الخلية المركز Focal cell، ويحيط بها ثمانية خلايا سوف يشملها التحليل شكل رقم (٤٣).

الشبكة المخرجة (مجموع قيم الخلايا في نطاق التجاور)

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| | ٢١ | |
| | | |

الشبكة المدخلة

| | | |
|---|---|---|
| ٢ | ١ | ٢ |
| ٣ | ٤ | ٢ |
| ٣ | ١ | ٣ |

الخلية المركزية

شكل رقم (٤٣): عملية تحليل التجاور من نطاق مربع
(٣ أسطر × ٣ أعمدة)

---

(1) Hathout, S. The Principals of Geographic Information Systems, Dar Al-Marffa Al-Gamelya, Alexandria, 2007, p. 56.
(2) ESRI., op. cit., p. 166.

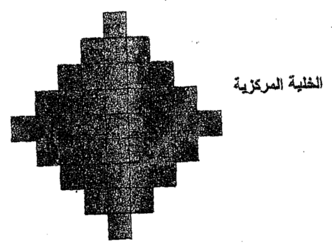
٢- نطاق تجاور على شكل دائرة بنصف قطر محدد، فتتحدد خلايا المجاورة بإعتبارها الخلايا التى تدخل ضمن حدود محيط الدائرة بغض النظر عن عددها، وعند اجراء التحليل ستكون الخلية المركزية هى التى يقع مركز الدائرة فيها، والخلايا المجاورة هى جميع الخلايا فى نطاق محيط الدائرة - شكل رقم (٤٤).

٣- نطاق تجاور حلقي، يتحدد على شكل حلقة دائرية تنحصر بين دائرتين لهما مركز واحد إحداهما أكبر من الأخرى، ويتحدد نطاق التجاور بمجموعة الخلايا المحصورة بين محيط الدائرة الكبيرة ومحيط الدائرة الصغيرة، وتكون الخلية المركزية هي التى يقع مركز الدائرتين فيها - شكل رقم (٤٤).

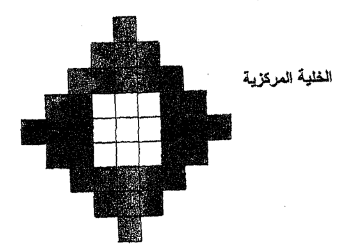
٤- نطاق تجاور على هيئة قطاع دائرى تحدده زاوية مركزية لدائرة معلوم نصف قطرها، فتتحدد خلايا المجاورة باعتبارها الخلايا التى تتوزع داخل القطاع الدائرى، وتكون الخلية المركزية هى التى يقع مركز الدائرة فيها - شكل رقم (٤٤).

ويتم استخدام مقاييس الوصف الاحصائى فى تحليل التجاور، فعلى سبيل المثال يمكن حساب المتوسط الحسابى لقيم الخلايا الموزعة داخل نطاق التجاور، أو الوسيط، الانحراف المعيارى، معامل الاختلاف، القيمة الأكثر تكراراً، القيمة الأقل تكرراً، وهكذا - فعلى سبيل المثال عند حساب المتوسط الحسابى سيقوم البرنامج بالتنقل بين خلية وأخرى، فيعتبر كل خلية هى خلية مركزية ويبدأ فى حساب المتوسط الحسابى لقيم الخلايا فى نطاق التجاور ويكون الناتج هو القيمة الجديدة للخلية المركزية، ثم ينتقل إلى الخلية الثانية فيعتبرها خلية مركزية ثم يحسب المتوسط الحسابى لقيم الخلايا فى نطاق التجاور لها، ويكون الناتج هو القيمة الجديدة للخلية المركزية الثانية فى

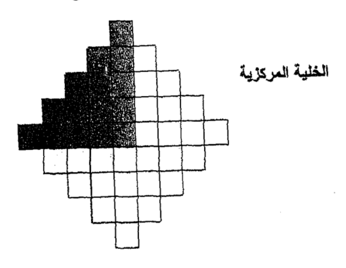
أ- نطاق التجاور الدائرى




ب- نطاق التجاور الحلقى




ج- نطاق التجاورعلى شكل قطاع دائرى




شكل رقم (٤٤): أنواع نطاقات التجاور

الشبكة المخرجة، وهكذا حتى ينتهى حساب المتوسط الحسابى لكل خلية مركزية، ويتم فى النهاية استخراج شبكة جديدة تحمل خلاياها قيم المتوسطات الحسابية لنطاقات التجاور.

**تطبيقات عمليات تحليل المجاورة:**

تعد عمليات تحليل المجاورة من عمليات التعميم الخرائطى Map Generalization، فتبسيط قيم الخلايا من قيم فعلية إلى قيم متوسطات خلايا متجاورة، فالشبكة المخرجة تكون شبكة تمثل تعميم للشبكة الأصلية المدخلة – شكل رقم (٤٥).

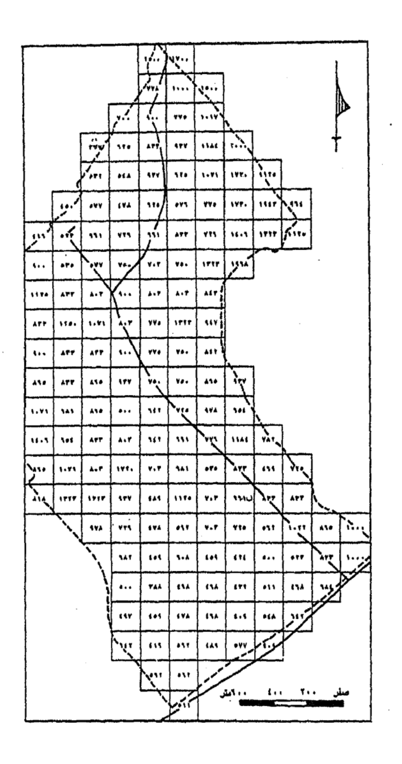
**الشبكة المخرجة**
**المتوسط الحسابي**

| ٢,٢٢ | ٢,٣٣ | ٢,٦٦ |
|---|---|---|
| ٢,٤٤ | ٢,٦٦ | ٢,٧٧ |
| ٢,٣٣ | ٢,٦٦ | ٢,٧٧ |

**الشبكة المدخلة**

| ٢ | ٣ | ١ | ٢ | ٥ |
|---|---|---|---|---|
| ٢ | ٢ | ٣ | ١ | ٢ |
| ١ | ٣ | ٤ | ٢ | ٤ |
| ٢ | ٢ | ٣ | ٤ | ٢ |
| ٢ | ١ | ٣ | ٢ | ١ |

**شكل رقم (٤٥): حساب المتوسط الحسابي للخلية المركزية في الشبكة المدخلة في نطاق تجاور ٣×٣، وتسجيله في خلايا الشبكة المخرجة (فعلي سبيل المثال القيمة ٢,٤٤ في الخلية الرابعة في الشبكة المخرجة ناتج ٢+٢+٣+١+٣+٤+٢+٢+٣ ÷٩)**




**شكل رقم (٤٦): استخدام تحليل التجاور لحساب متوسط مساحة المبني الواحد (بالمتر المربع) في منطقة العجمي - البيطاش - غربي الاسكندرية**

كما تعد عملية تحليل التجاور واحدة من عمليات قياس الاختلاف، فعند حساب المدى (الفارق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة) لنطاق التجاور يمكن تفسير مدى التغير في قيم الخلايا - شكل رقم (٤٧).

**الخريطة المخرجة**

**حساب المدي**

| ١٢ | ١٢ | ١١ |
|---|---|---|
| ١٢ | ١٣ | ٩ |
| ١٠ | ١٠ | ١٠ |

**الخريطة المدخلة**

| ٣ | ١٣ | ١٢ | ١٠ | ٨ |
|---|---|---|---|---|
| ١٢ | ١٤ | ٥ | ٢ | ٧ |
| ١٠ | ٦ | ٢ | ١ | ٣ |
| ١٢ | ١١ | ١٠ | ٩ | ٨ |
| ٨ | ٢ | ٣ | ٥ | ١١ |

**شكل رقم (٤٧): استخدام تحليل التجاور لحساب المدي**

**(فعلي سبيل المثال القيمة ٩ في الخلية السادسة بالشبكة**

**المخرجة ناتج الفارق بين ١٠، ١ في نطاق تجاور ٣×٣**

كما تستخدم عملية تحليل التجاور لحساب التنوع في الظاهرات النوعية بالشبكة المدخلة على أساس حساب عدد قيم الخلايا المختلفة في نطاق التجاور، وتحمل الخلية في الشبكة المخرجة قيمة التنوع العددى، وتستخدم هذه الطريقة بكثرة في حساب التنوع في صور استخدام الأرض، وفي أنواع المحاصيل المزروعة، وفي أنواع النبات الطبيعي، وفي أنواع الحيوانات في الحياة البرية - شكل رقم (٤٨).

**الشبكة المخرجة**

**حساب التنوع**

| ٥ | ٥ | ٥ |
|---|---|---|
| ٣ | ٤ | ٥ |
| ٤ | ٥ | ٥ |

**الشبكة المدخلة**

| ٢ | ١ | ٣ | ٢ | ١ |
|---|---|---|---|---|
| ١ | ٣ | ٥ | ٥ | ٣ |
| ٤ | ٤ | ١ | ٢ | ٤ |
| ٥ | ٤ | ٥ | ٥ | ٣ |
| ٣ | ٣ | ١ | ٢ | ١ |

**شكل رقم (٤٨): استخدام تحليل التجاور لحساب التنوع في صور استخدام الأرض (فعلي سبيل المثال القيمة ٣ في الخلية السادسة بالشبكة المخرجة تدل علي وجود ثلاثة أنواع من صور استخدام الأرض في نطاق تجاور ٣×٣**

ويستفاد من عمليات تحليل التجاور أيضا حساب القيمة الأكثر أو الأقل انتشاراً فى نطاق التجاور، وتحمل الخلية فى الشبكة المخرجة القيمة الجديدة، وتستخدم هذه الطريقة بكثرة فى حساب أى صورة من صور استخدام الأرض الأكثر توزيعاً بنطاق التجاور، أو أى نوع من المحاصيل المزروعة الأكثر توزيعاً بنطاق التجاور. شكل رقم (٤٩).

**٣- عمليات تحليل علي مستوي النطاقات والأقاليم:**

ويشمل التحليل المكانى فيها على الخلايا التى لها قيم متشابهة (النطاقات Zones) سواء كانت نطاقات مستمرة (خلاياها متجاورة) أو غير مستمرة (خلاياها غير متجاورة) أو التى لها قيم متشابهة ومتجاورة فقط (الأقاليم Regions)، وتجرى عمليات التحليل على شبكة بيانات مدخلة واحدة، أو

الخريطة المدخلة

| ٧ | ٥ | ٥ | ٦ | ٣ |
|---|---|---|---|---|
| ٥ | ٣ | ٧ | ٦ | ٤ |
| ٥ | ٤ | ٣ | ٦ | ٦ |
| ٥ | ٥ | ٤ | ٤ | ٤ |
| ٤ | ٥ | ٣ | ٣ | ٣ |

الخريطة المخرجة
القيمة الأكثر تكراراً

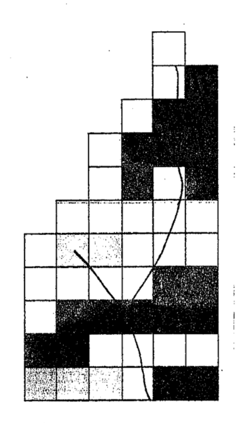
| ٥ | ٦ | ٦ |
|---|---|---|
| ٥ | ٤ | ٤ |
| ٤ | ٤ | ٣ |

شكل رقم (٤٩): حساب القيمة الأكثر تكراراً (فعلي سبيل المثال القيمة ٣ في الخلية التاسعة بالشبكة المخرجة تعني أن القيمة ٣ هي الأكثر تكرراً في نطاق تجاور ٣×٣ (تكررت أربع مرات)

على شبكات مدخلة متعددة، فبالنسبة لعمليات التحليل التى تجرى على شبكة بيانات مدخلة واحدة فقط فهى تنحصر فى عمليات حساب المساحة، المحيط، الاتساع، الأبعاد، المركز المتوسط، قياس الشكل - فعلى سبيل المثال يتم حساب مساحة كل نطاق عن طريق ضرب عدد خلاياه × مساحة كل خلية - شكل رقم (٥٠)، أما المحيط فهو مجموع أطوال الخلايا الحدودية للنطاق فى حالة ما إذا كان نطاق مستمر، أو مجموع محيطات كل اقليم فى حالة ما إذا كان نطاق غير مستمر، أما الاتساع فهو طول قطر الدائرة التى يمكن أن تغطى خلايا النطاق، أما المركز المتوسط فهو النقطة التى يتقاطع عندها المحور الأكبر مع المحور الأصغر لقطع ناقص مطابق تقريباً للنطاق.

الخريطة المخرجة

شبكة نطاقية



الخريطة المدخلة

قيم الخلايا تحمل سعر المتر المربع من الأرض

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 500 | |
| | | | | 1000 | 500 |
| | | | 1000 | 800 | 800 |
| | | 1000 | 800 | 800 | 800 |
| | | 1000 | 800 | 1000 | 800 |
| | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 900 |
| 1000 | 900 | 900 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 800 | 500 |
| 1000 | 800 | 800 | 800 | 800 | 500 |
| 500 | 500 | 1000 | 1000 | 1000 | 900 |
| 900 | 900 | 900 | 1000 | 500 | 500 |

نطاق يبلغ سعر المتر المربع فيه 1000 جنيه(مساحته90000م٢)

نطاق يبلغ سعر المتر المربع فيه 900 جنيه(مساحته31500م٢)

نطاق يبلغ سعر المتر المربع فيه 800 جنيه(مساحته157500م٢)

نطاق يبلغ سعر المتر المربع فيه 500 جنيه(مساحته495000م٢)

شكل رقم (٥٠): استخلاص المساحات من خريطة توزيع نطاقات سطح الأرض حسب سعر المتر المربع بكل منها بالجنيه المصري عام ٢٠٠٠م بشمالي منطقة العجمي - البيطاش - غربي الاسكندرية (مساحة الخلية تعادل ٢٢٥٠ م٢)

أما فى حالة إجراء التحليل على شبكات مدخلة متعددة فإنه يلزم وجود شبكة بيانات مدخلة تبين توزيع النطاقات أولاً، وتحمل خلايا هذه الشبكة قيم محددة لكل نطاق، فعلى سبيل المثال إذا كانت الشبكة توضح توزيع صور استخدام الأرض، فإن النطاق السكنى تحمل خلاياه قيمة (١)، وتحمل خلايا النطاق الصناعى قيمة (٢)، وتحمل خلايا النطاق الزراعى قيمة (٣) وهكذا باقى النطاقات، ثم شبكة بيانات مدخلة أخرى تبين توزيع قيم الظاهرة المدروسة على خلايا كل نطاق، فعلى سبيل المثال إذا كانت الشبكة توضح مناسيب سطح الأرض فإن كل خلية فيها تحمل قيمة منسوب سطح الأرض فيها، وفى حالة حساب متوسط منسوب سطح الأرض بكل نطاق، فإن الخريطة المخرجة ستحمل قيم جديدة تحسب عن طريق حساب متوسط منسوب سطح الأرض بكل نطاق عن طريق جمع قيم المناسيب بجميع خلايا النطاق وقسمتها على عدد خلايا النطاق – شكل رقم (٥١).

ويمكن بالطريقة نفسها حساب مقاييس الوصف الاحصائى مثل أكبر قيمة، أصغر قيمة، المدى بينهما، المتوسط الحسابى، الوسيط، الانحراف المعيارى، معامل الاختلاف، القيمة الأكثر تكرراً، أو الأقل تكرراً، والتنوع.

كما يمكن استخدام تحليل النطاقات والأقاليم فى تصميم خرائط المعدلات مثل الكثافة (كثافة السكان – كثافة الطرق – كفاءة الترع والمصارف.. وغيرها)، متوسط نصيب الفرد من الدخل، أو الأراضى الزراعية، أو الإنتاج الزراعى، وحساب متوسط استهلاك الطاقة، أو مياه الشرب بالاقاليم، وحساب متوسط منسوب سطح الارض، متوسط انحدار سطح الأرض، اتجاه الانحدار، والربط بينها وبين نطاقات النبات الطبيعى، نطاقات التربة، نطاقات تضاريس سطح الأرض – شكل رقم (٥٢).

الشبكة المدخلة الأولى
(خريطة نطاقات إستخدام الأرض)

| ٣ | ٣ | ١ | ١ | ١ |
|---|---|---|---|---|
| ٣ | ٣ | ١ | ١ | ٢ |
| ٣ | ٣ | ١ | ٢ | ٢ |
| ٣ | ٣ | ٢ | ٢ | ٢ |

الشبكة المدخلة الثانية
(خريطة مناسيب سطح الأرض بالمتر)

| ١٤ | ١٣ | ١٣ | ١٣ | ١٢ |
|---|---|---|---|---|
| ١٣ | ١٤ | ١٣ | ١١ | ١٠ |
| ١٤ | ١٥ | ١٠ | ٩ | ٨ |
| ١٥ | ١٤ | ٧ | ٧ | ٧ |

الشبكة المخرجة
(خريطة متوسط مناسيب سطح
الأرض بكل نطاق من نطاقات
استخدام الأرض)

| ١٤ | ١٤ | ١٢ | ١٢ | ١٢ |
|---|---|---|---|---|
| ١٤ | ١٤ | ١٢ | ١٢ | ٨ |
| ١٤ | ١٤ | ١٢ | ٨ | ٨ |
| ١٤ | ١٤ | ٨ | ٨ | ٨ |

شكل رقم (٥١): عملية تحليل التطابق بين متوسط مناسيب
سطح الأرض ونطاقات استخدام الأرض

الشبكة المدخلة الأولى
(نطاقات متوسط مناسيب سطح الأرض بالمتر)

| ١٠٠ | ١٠٠ | ١٤٠ | ١٤٠ |
|---|---|---|---|
| ١٢٠ | ١٠٠ | ١٢٠ | ١٤٠ |
| ١٢٠ | ١٢٠ | ١٢٠ | ١٤٠ |
| ١٠٠ | ١٠٠ | ١٤٠ | ١٤٠ |

الشبكة المدخلة الثانية
(نطاقات أنواع النبات الطبيعي)

| ١ | ٢ | ١ | ١ |
|---|---|---|---|
| ١ | ٢ | ٢ | ١ |
| ٤ | ٣ | ٣ | ٣ |
| ٤ | ٤ | ١ | ١ |

الشبكة المخرجة
(عدد الأنواع النباتية بنطاقات مناسيب سطح الأرض)

| ٣ | ٣ | ٢ | ٢ |
|---|---|---|---|
| ٤ | ٣ | ٤ | ٢ |
| ٤ | ٤ | ٤ | ٢ |
| ٣ | ٣ | ٢ | ٢ |

شكل رقم (٥٢): عملية تحليل تعدد الأنواع النباتية تبعاً لاختلاف مناسيب سطح الأرض

### ٤- عمليات قياس المسافة Distance Measure Operations:

وتتم هذه العمليات على الشبكة المدخلة لحساب المسافة الأفقية بين نقطة محددة هى مركز الخلية التى تقع فيها النقطة وتسمى الخلية المصدر Source Cell وجميع خلايا الشبكة الأخرى، وعلى هذا الأساس فإن عملية التحليل تشمل جميع خلايا الشبكة، وتكون النتيجة شبكة جديدة مخرجة تحمل خلاياها قيم المسافة الأفقية بين كل منها والخلية المصدر.

وحين يتم عمل تحليل المسافة على شبكة بيانات لظاهرة نقطية مثل الآبار، الفنادق، المدارس، المستشفيات وغيرها، فإن كل خلية تمثل الظاهرة النقطية تكون خلية مصدر، وتكون الخريطة الجديدة المخرجة شبكة بيانات تحمل خلاياها قيم المسافة بين كل منها وأقرب خلية مصدر، وفى حالة تحليل المسافة على شبكة بيانات لظاهرة خطية مثل الطرق، المجارى المائية، الحدود السياسية وغيرها، فإن كل خلية يمر بها المظهر الخطى تكون خلية مصدر، وتكون الخريطة الجديدة المخرجة شبكة بيانات تحمل خلاياها قيم المسافة بين كل منها وأقرب خلية مصدر، ويستفاد من عمليات قياس المسافة فى تنفيذ عمليات قياس متعددة لعل أهمها ما يلى:

١- تحديد المسافة إلى أقرب نقطة محددة (الخلية المصدر) وهى أقصر مسافة مسجلة إلى خلية مصدر، فعلى سبيل المثال يمكن حساب المسافة إلى أقرب مستشفى (فى حالة ما إذا كانت الشبكة المدخلة هى شبكة توزيع المستشفيات) وتكون قيم خلايا الشبكة المخرجة هى أقصر مسافة بين كل خلية خالية من المستشفيات والخلايا المصدر التى تحتلها المستشفيات، ويكون هذا التحديد مفيداً عندما يستخدم للبحث عن أقرب مستشفى لموقع الحادث لكى يمكن أن يختاره قائد سيارة أو طائرة الاسعاف لنقل المصابين إليها، أو البحث عن أقرب مطعم، أو أقرب صيدلية وهكذا.

٢- تحديد حصة كل خلية مصدر من الخلايا التى تقع فى نطاقها الأقرب، كأن تحدد نطاق أقرب مركز خدمة، أو نطاق أقرب مستشفى، أو نطاق أقرب مطعم، وبمعنى آخر تحديد مجموعة الخلايا الأقرب لمصدر ما، وعلى هذا الأساس يمكن أن نحدد على شبكة البيانات المخرجة (التى سوف تحمل خلاياها قيم أقرب مسافة لاقرب مصدر) النطاقات الأقرب للخلية المصدر، ويكون هذا التحديد مفيداً لاختبار مستوى خدمة أى مركز خدمة، فكلما كان النطاق الذى يخدمه صغيراً كلما دل على سرعة اداء الخدمة فى وقت أقصر، ويفيد ذلك عند دراسة التوزيع الأمثل لخدمات الطوارئ مثل الاطفاء، الاسعاف، الانقاذ المدنى، أو الانقاذ النهرى وغيرها.

٣- تحديد الاتجاه إلى أقرب خلية مصدر، وهنا يمكن تحديد الخلايا التى يمكن أن نتبعها لأقرب مصدر، وتأخذ قيم هذه الخلايا قيمة الانحراف عن اتجاه الشمال بالدرجات باعتبار أن اتجاه الشمال هو خط بداية القياس ويحمل الدرجة صفر. وعلى هذا الأساس يمكن أن نحدد على شبكة البيانات المخرجة (التى سوف تحمل خلاياها قيم الاتجاه) ما هو الاتجاه إلى أقرب خلية مصدر، كأن نحدد اتجاه المسار إلى أقرب مركز خدمة، واتجاه المسار إلى أقرب مستشفى، واتجاه المسار إلى أقرب مطعم، أو إلى أقرب صيدلية، وهكذا.

**٤- تحديد المسافة الموزونة Weighted Distance Functions:**

وهى مسافة أفقية معدلة بواسطة متغير آخر تنسب إليه، فالمسافة الزمنية تنسب فيها المسافة الأفقية المقاسة إلى الزمن، فيمكن أن نستنتج منها أسرع مسافة أفقية أو أبطأ مسافة أفقية، ومسافة التكلفة تنسب فيها المسافة الأفقية المقاسة إلى تكلفة الرحلة أو تكلفة المشروع عبر المسافة، فيمكن أن نستنتج منها المسافة الأكثر تكلفة، أو الأقل تكلفة.

ولاتمام عملية تحليل المسافة الموزونة على شبكة بيانات مدخلة معرف عليها الخلية أو الخلايا المصدر التى سوف يحسب المسافة الموزونة بينها وبين باقى خلايا الشبكة، يتم تحديد القيمة التى سوف تنسب اليها المسافة الأفقية لتصبح مسافة موزونة، ويتم تحويل قيم الخلايا فى الشبكة المخرجة للمسافة الأفقية إلى شبكة أخرى موزونة بقيمة الوزن، فتكون خلايا الشبكة المخرجة النهائية تحمل قيم المسافة الموزونة من كل خلية إلى الخلية المصدر، وعلى هذا الأساس يمكن تحديد على شبكة البيانات المخرجة (التى سوف تحمل خلاياها قيم المسافة الموزونة) ما هى أقرب مسافة تحقق أقل أو أكبر وزن معين. فعلى سبيل المثال فى حالة حساب مسافة تكلفة رحلة سياحية إلى موقع محدد (خلية مصدر) فإن قيم خلايا الشبكة المخرجة تعبر عن قيمة تكلفة السفر من كل خلية إلى الخلية المصدر، ويلاحظ أنه كلما بعدت الخلايا عن الخلية المصدر تزداد قيمة الخلايا (تكلفة السفر) تراكمياً.

وتعد أهم تطبيقات حساب المسافة الموزونة هى مسافة التكلفة Cost Weighted Distance، وتستخدم فى تطبيقات رحلات السفر السياحية، عند البحث عن أرخص مسار للسفر إلى الخلية المصدر والعودة منها، وفى تطبيقات المشروعات الاقتصادية التى لها مسارات طولية مثل الطرق، امتداد أنابيب البترول وأنابيب المياه، وشبكات الكهرباء، والصرف الصحى، والتليفون وغيرها عند البحث عن أقل تكلفة لامتداد المشروع بالبعد عن الموقع الرئيسى للخدمة (الخلية المصدر).

**الخلاصة..**

١- نموذج البيانات النقطية هو شبكة من المربعات تكسو خريطة توزيع ظاهرات سطح الأرض، كل مربع هو خلية تحمل قيمة رقمية تعبر عن نوع أو مقدار الظاهرة التى تحتل الخلية.

٢- تعرض البيانات النقطية على هيئة بيانات موضوعية تعبر عن مقدار القيم الرقمية داخل الخلايا، أو على هيئة بيانات تشكيلية تعبر عن كمية الضوء المنبعثة من كل خلية فتظهر على شكل ظلال لدرجات اللون الرمادى.

٣- تتكون البيانات النقطية من مجموعة عناصر هى: الشبكة، الخلايا، السطور والأعمدة، قيم الخلايا، النطاقات، الاقاليم، الجدول الوصفى المرفق، اسم البيانات.

٤- يشترط عند عمل التحليل للبيانات النقطية أن تكون جميع البيانات التى يشملها التحليل مرسومة بمسقط واحد.

٥- يتم استكمال البيانات المفقودة فى شبكة البيانات النقطية بواسطة ثلاثة طرق الأولى تستخدم للبيانات النوعية فقط وتستخدم طريقة الجار الأقرب، أما الثانية وهى التوليف، والثالثة وهى الالتفاف المكعب وتستخدم فى حالة البيانات الكمية.

٦- تعتمد دقة تمثيل البيانات النقطية على حجم الخلية فكلما انخفض حجم الخلية زاد عدد الخلايا واقترب تمثيل الظاهرات إلى الواقع.

٧- يوفر نموذج البيانات النقطية Raster تسهيلات كبيرة فى عمليات تحليل البيانات بسبب سهولة بنائه على هيئة شبكة مربعات، وسهولة تطابق الخلايا بالشبكات المدخلة للتحليل.

٨- تعتمد دقة التحليل المكانى على مساحة منطقه التحليل، وحجم الخلية، ومن السهل التحكم فى دقة التحليل بتغيير حجم الخلية.

٩- تنفذ عمليات التحليل الموضعى على شبكات مدخلة منفردة أو متعددة، وهى تتم على جميع خلايا الشبكة المدخلة خلية تلو الأخرى، وذلك بتطبيق مجموعة الصيغ الحسابية المنطقية واللوغاريتمية وحساب المثلثات، ومجموعة مقاييس الوصف الاحصائى. ومن أهم تطبيقاتها حساب خرائط المتوسط الحسابى، التغير فى اتسخدام الأرض.

١٠- تهتم عمليات تحليل المجاورة بتحليل صلة الخلية بالخلايا المجاورة لها بالشبكة المدخلة، ويتم خلالها استخدام مقاييس الوصف الاحصائى، ومن أهم تطبيقاتها عمليات التعميم الخرائطى، وحساب التنوع والاختلاف.

١١- تهتم عمليات تحليل المجاورة بتحليل خلايا النطاقات والأقاليم، ويتم من خلالها قياس خصائص الشكل والمساحة والمحيط والاتساع والمركز المتوسط، ومقاييس الوصف الاحصائى، ومن أهم تطبيقاتها تصميم خرائط الكثافة، متوسط نصيب الفرد، والمتوسط الاستهلاكى للفرد.

١٢- تهتم عمليات تحليل المسافة بتحليل المسافة بين خلايا الشبكة المدخلة وخلية أو خلايا محددة منها تسمى الخلية أو الخلايا المصدر، ويستفاد منها فى تحديد أقرب مسافة لظاهرة محددة، والنطاق الأقرب لظاهرة محددة، الاتجاه إلى أقرب ظاهرة محددة، المسافة الموزونة بالنسبة لظاهرة محددة.

**الملاحق:**

**ملحق رقم (٣):**

**إستخدام تحليل العمليات الموضعية Local Operation:**

١- التطبيق المطلوب هو تحويل مناسيب سطح الأرض من وحدات القياس المترية إلى وحدات قياس بالقدم (باستخدام برنامج ArcGis) .

٢- الملفات المطلوبة:

- ملف شبكة بيانات نقطية لمناسيب سطح الأرض.

**خطوات تنفيذ التطبيق:**

١- افتح برنامج Arc Map ثم أضف إلى نافذته ملف مناسيب سطح الأرض.

٢- افتح قائمة View، واختر Toolbars وتأكد من اضافة شريط أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst .

٣- اختر آلة حاسبة راستر Raster Calculater من خلال القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكانى، سيظهر مربع حوار الآلة الحاسبة.

٤- أكتب في مربع المصطلحات المصطلح التالى: ٣,٢٨* [اسم ملف المناسيب] ثم أنقر Evaluate .

٥- انقر بزر الفأرة الأيمن Calcalation واختر Make Parmanent وأدخل إسم الشبكة الجديد ثم انقر حفظ Save .

**ملحق رقم (٤):**

**إستخدام تحليل عمليات المجاورة Neighborhood Operations:**

١- التطبيق المطلوبة: هو عمل تعميم لقيم مناسيب سطح الأرض.

٢- الملفات الطلوبة: ملف شبكة بيانات نقطية لمناسيب سطح الأرض.

**خطوات تنفيذ التطبيق:**

١- إختر Neighborhood Statistics من القائمة المنسدلة من أداة التحليل المكانى Spatial Analyst.

٢- ادخل اسم ملف مناسيب سطح الأرض فى خانة البيانات المدخلة Inpit data وحدد حقل Field المناسيب.

٣- حدد فى خانة Statistic Type مقياس المتوسط Mean.

٤- حدد فى خانة Neighborhood نوع التجاور مستطيل Rectangle.

٥- حدد فى خانة Neighborhood Setting عدد خلايا مستطيل التجاور، وفى حالة اختيار نطاق ٣×٣، اكتب ٣ فى خانة Height، واكتب ٣ فى خانة Width، واختر خلية Cell.

٦- حدد حجم الخلية المناسب فى خانة Outpat Cell Size وليكن ٣٠.

٧- حدد اسم ملف الشبكة المخرجة فى خانة Output Raster.

٨- انقر Ok.

**ملحق رقم (٥):**

**استخدام تحليل عمليات النطاقات Zonal Operations:**

١- التطبيق المطلوب: تحليل التنوع فى أنواع النبات الطبيعى بنطاقات مناسيب سطح الأرض.

٢- الملفات المطلوبة: - ملف نطاقات مناسيب سطح الأرض.

- ملف أنواع النبات الطبيعى.

**خطوات تنفيذ التطبيق:**

١- اختر Zonal Statistics من القائمة المنسدلة من أداة التحليل المكانى Spatial Analyst، سيظهر مربع حوار Zonal Statistics.

٢- اكتب اسم ملف المناسيب فى خانة Zone Dataset .

٣- اكتب اسم الحقل المطلوب العمل عليه فى ملف المناسيب فى خانة Zone Field .

٤- اكتب اسم ملف أنواع الترپات فى خانة Value Raster .

٥- لا تؤشر على Ingore Notata in Calculation .

٦- لا تؤشر على Join Output Table To Zone Layer .

٧- قم بالتأشير على Chart Statistic ، وحدد فى الخانة المقابلة لها مقياس التنوع Variety من القائمة المنسدلة .

٨- حدد اسم الملف الجديد فى خانة Output Table .

٩- انقر OK .

**ملحق رقم (٦):**

**استخدام تحليل قياس المسافة الأفقية Straight Line Distance:**

١- التطبيق المطلوب: حساب المسافة نحو المطاعم.

٢- الملفات المطلوبة: ملف توزيع المطاعم.

**خطوات تنفيذ التطبيق:**

١- اختر Distance من القائمة المنسدلة من أداة التحليل المكانى Spatial Analyst ، ثم اختر مسافة الخط المستقيم Straight Line، سيظهر مربع حوار Straight Line .

٢- حدد اسم ملف توزيع المطاعم فى خانة Distance to .

٣- حدد أقصى مسافة فى خانة Maimum Distance، واترك هذه الخانة خالية لا تضع حدوداً للمسافة المقاسة .

٤- حدد حجم الخلية فى الشبكة المخرجة فى خانة Output Cell Size .

٥- قم بالتأشير على Creat Direction في حالة الرغبة في عمل شبكة جديدة محدد عليها الاتجاه نحو أقرب مطعم.

٦- قم بالتأشير على Creat allocation في حالة الرغبة في عمل شبكة بالنطاقات التي يخدمها أقرب مطعم.

٧- حدد اسم الشبكة الجديدة في خانة Output raster.

٨- انقر OK.

**ملحق رقم (٧):**

**استخدام تحليل مقياس المسافة الموزونة Weighted Distance:**

١- التطبيق المطلوب: حساب مسافة التكلفة Cost distance.

٢- الملفات المطلوبة: - ملف محطات ضخ مياه الشرب (المصدر).

- ملف تكلفة أعمال الحفر والتشييد من المصدر.

**خطوات تنفيذ التطبيق:**

١- اختر Distance من القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكاني Spatial Analyst، ثم اختر Cost Weighted، سيظهر مربع حوار Cost Weighted.

٢- اكتب اسم الملف المصدر الخاص بتوزيع محطات ضخ مياه الشرب في خانة Distance to.

٣- اكتب اسم ملف التكلفة في خانة Cost raster.

٤- حدد أقصى مسافة في خانة Maximum distance.

٥- حدد حجم الخلية المطلوب للشبكة المخرجة في خانة Output Cell Sizee.

٦- قم بالتأشير على خانة Creat direction في حالة الرغبة في استخراج شبكة الاتجاهات.

٧- قم بالتأشير على خانة Creat allocation فى حالة الرغبة فى عمل شبكة نطاقات.

٨- اكتب اسم الشبكة المخرجة أمام خانة Output raster.

٩- انقر OK.

**ملحق رقم (٨):**

**استخدام تحليل قياس المسار الأقصر Shortest Path:**

١- التطبيق المطلوب: استخراج خريطة إتجاهات المسار الأقصر نحو المستشفيات.

٢- الملفات المطلوبة: - ملف توزيع المستشفيات.

- ملف المسافة الأفقية إلى المستشفيات.
- ملف الاتجاهات نحو المستشفيات.

**خطوات تنفيذ التطبيق:**

١- اختر Distance من القائمة المنسدلة من أداة التحليل المكانى Spatial Analyst، ثم اختر Shortest Path، سيظهر مربع حوار Shortest Path.

٢- اكتب اسم ملف توزيع المستشفيات فى خانة Path to.

٣- اكتب اسم ملف المسافة الأفقية إلى المستشفيات فى خانة Cost distance raster.

٤- آكتب اسم ملف الاتجاه فى خانة Cost direction raster.

٥- اختر نوع المسار من القائمة المنسدلة فى خانة Path type ويمكن اختيار For Each cell.

٦- اكتب اسم الشبكة الجديدة فى خانة Output feataues.

٧- انقر OK.

الفصل الخامس

# التحليل الطبوغرافي

# Topographic Analysis

- مقدمة
- مصادر البيانات الطبوغرافية
- نماذج بيانات التحليل الطبوغرافي
- أساليب التحليل الطبوغرافي

١ - إنتاج الخرائط الكنتورية

٢ - القطاع التضاريسى الرأسي

٣ - تحليل انحدار سطح الأرض

٤ - تحليل اتجاه انحدار سطح الأرض

٥ - تحليل ظلال سطح الأرض

٦ - تحليل رؤية سطح الأرض

٧ - التحليل ثلاثي الأبعاد

- الخلاصة
- الملاحـــق

**مقدمة:**

يحتاج مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية فى مشروعاتهم المختلفة بيانات عن تضرس سطح الأرض ونظامه، فهى بيانات أساسية لازمة عند دراسة الشبكات بأنواعها، مثل الطرق البرية، شبكات الهاتف والتليفون المحمول، وشبكات التلفريك، القنوات المائية سواء كانت الترع أو المصارف أو خطوط نقل مياه الشرب، أو خطوط الصرف الصحى، الصرف الصناعى، وفى الدراسات التعدينية وامتداد أنابيب الغاز والبترول، ودارسات الچيومورفولوچيا التطبيقية التى تربط بين أشكال سطح الأرض والأنشطة البشرية، وفى دراسات تصنيف التربة والنبات الطبيعى، والدراسات المعتمدة على الرؤية مثل الأمن والحراسة، والدراسات السياحية لإقامة المنتجعات والقرى السياحية، والمخيمات ومزاولة رياضات الإنزلاق والتزحلق على الجليد، وتسلق المنحدرات، وفى دراسة الأخطار الطبيعية مثل فيضانات الأنهار، والإنزلاق الأرضى، وحرائق الغابات، وفى الدراسات المناخية، ودراسات المناخ التطبيقى التى تربط بين عناصر المناخ والأنشطة البشرية. وغيرها من الدراسات الجغرافية الأخرى.

فبيانات تضرس سطح الأرض إذن هى بيانات أساسية فى بناء قواعد البيانات الجغرافية الشاملة، لكونها معلومات هامة ترتبط بدراسات متعددة ومتنوعة تؤثر فيها وتتأثر بها، وبالتالى فهى بيانات هامة جداً لا غنى عنها فى أى دراسة مكانية، وتعد أحد المتغيرات التى تلعب دوراً أساسياً فى اتخاذ القرارات المناسبة لأى مشروع مكانى.

وقد برع الخرائطيون فى تمثيل سطح الأرض بأساليب رسومية مختلفة تُعبر عن أشكال سطح الأرض وامتداده ونظامه وانحداره واتجاه إنحداره، كما

توصلوا إلى أساليب كمية مختلفة تفسر التباين فى خصائص أشكال سطح الأرض، وتحلل نظامه وانحداره.

واستخدم الخرائطيون الرسم المنظور فى تمثيل أشكال سطح الأرض وعبروا عنها بأشكال تقريبية، ثم استخدموا خطوط الهاشور فى تمثيل أشكال سطح الأرض عن طريق رسم خطوط تتباين فى السمك والطول والكثافة تبعاً لتباين انحدار سطح الأرض فتعطى إحساس بتغير التضاريس وتنوعها، ثم ازدادت دقتهم واستخدموا خطوط المناسيب المتساوية (الكنتور) فى تمثيل أشكال سطح الأرض بأسلوب خرائطى كمى تتباين دقته تبعاً لعدد نقط المناسيب المستخدمة فى الرسم، والمسافات بينها، وتعكس المسافات بين خطوط المناسيب المرسومة، وتعرجات الخطوط، واتجاه تدرجها الكمى، وقيمته الموجبة أو السالبة، صورة المظاهر التضاريسية لسطح الأرض.

**مصادر البيانات الطبوغرافية:**

توفر هيئات المساحة المدنية والجيولوجية والعسكرية، وهيئات الاستشعار من بعد، وغيرها من الهيئات المهتمة برصد وتسجيل سطح الأرض، خرائط أشكال سطح الأرض، ومناسيبها على هيئة خرائط ورقية أو رقمية يسهل الحصول عليها وحفظها فى ملفات رقمية متوافقة مع برامج نظم المعلومات الجغرافية، كما يمثل كل من أسلوب المسح الميدانى باستخدام جهاز المحطة المتكاملة Total Station، أو أسلوب أنظمة تحديد المواقع العالمية Global Positioning Systems أهم أساليب جمع مناسيب سطح الأرض فى ملفات رقمية متوافقة مع برمجيات نظم المعلومات الجغرافية، تستخدم فى تصميم خرائط رقمية لأشكال سطح الأرض تشكل أحد قواعد البيانات التى يحتاجها مستخدمى نظم المعلومات الجغرافية فى تطبيقاتهم المختلفة.

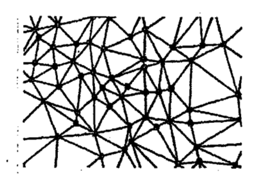
وتشمل برامج نظم المعلومات الجغرافية بين أدوات التحليل المكانى وأسلوب التحليل الطبوغرافى الذى يمكن استخدامه فى تصميم الخرائط الكنتورية، خرائط الانحدار، اتجاه الانحدار، خريطة ظلال الأرض، خرائط رؤية مظاهر سطح الأرض، وتعتمد فى ذلك على ملفات نماذج البيانات النقطية Raster، أو ملفات نماذج البيانات الاتجاهية Vector.

**نماذج بيانات التحليل الطبوغرافي:**

تتوزع مناسيب سطح الأرض فى حالة العمل على نموذج البيانات النقطية Raster بشكل منتظم على الشبكة المدخلة بحيث تمثل كل خلية فى الشبكة نقطة منسوب وتحمل كل خلية قيمة المنسوب الذى تمثله وتعرف الشبكة فى هذه الحالة بنموذج المناسيب الرقمى Digital Elevation Model (DEM). أما فى حالة العمل على نموذج البيانات الاتجاهية Vector فإن مناسيب سطح الأرض ستتوزع بشكل غير منتظم تبعاً لمواقعها المحددة بالإحداثيات الأفقية السينية (X) والرأسية الصادية (Y)، ويتوافق مع هذا التوزيع جدول البيانات الوصفية لتلك البيانات الذى يعرف منسوب كل نقطة من تلك النقط بالقيمة (Z) أمام تعريفها الإحداثى (Y, X) وتعريفها الكودى (ID)، ويتم الربط بين نقط المناسيب المختلفة بخطوط لا تتقاطع فتصنع شبكة من المثلثات غير المتساوية Triangulated Irregular Network (TIN) تمثل نقط المناسيب رؤوس أضلاعها. شكل رقم (٥٣).

وأصبح متاحاً فى برمجيات نظم المعلومات الجغرافية إنشاء كل من نموذجى (DEM), (TIN)، والتحويل بينهما حسبما يفضل المستخدم تبعاً لما يناسب قاعدة بياناته الجغرافية الأساسية، وما يناسب أسلوب التحليل المستخدم، وما يناسب عمليات التقاطع والاتحاد والتطابق بين الطبقات المعلوماتية المستخدمة فى مشروعه.

نموذج شبكة المثلثات TIN



نموذج المناسيب الرقمية DEM

| 13 | 14 | 16 | 20 | 28 |
|---|---|---|---|---|
| 14 | 14 | 16 | 19 | 24 |
| 18 | 16 | 16 | 18 | 20 |
| 24 | 23 | 19 | 19 | 21 |
| 30 | 27 | 23 | 20 | 20 |

•20

•14 •24

•16

•30 •27 •20

شكل رقم (٥٣) نموذجي المناسيب الرقمية DEM

وشبكة المثلثات TIN

ويمثل كلاً من نموذجى المناسيب TIN, DEM سطحاً غير حقيقى لما هو عليه سطح الأرض، فكل منهما يمثل مجموعة أو عينة من نقط المناسيب التى لا تغطى سطح الأرض بأكمله فالفراغات بين نقط المناسيب الموجودة بكل منهما يقوم البرنامج بإشتقاقها، ولهذا السبب كلما كان عدد نقط المناسيب كبيراً ويغطى معظم سطح الأرض كلما كانت دقة الخرائط المخرجة كبيرة.

ولكل نموذج من نموذجى المناسيب الرقمية ما يجعله متفوقاً على الآخر فى عملية التحليل، وتبعاً لذلك التباين يختار المستخدم النموذج المناسب للتحليل المطلوب، والسرعة المطلوبة، والدقة المطلوبة، والذاكرة المتاحة بالحاسب الآلى، ولأنواع المخرجات المطلوبة، ويتضح ذلك فيما يلى:

١ - عند استخدام نموذج TIN فإنه من الممكن أن يشمل نموذج المناسيب ظاهرات أخرى معرفة عليه مثل الطرق، مجارى المياه، خطوط الساحل، وغيرها، أما فى حالة استخدام نموذج DEM فإن شبكة المناسيب تكون مخصصة لتوزيع المناسيب فقط، وكل خلية تمثل نقطة منسوب ولهذا لا يوجد مكان خالٍ عليها لتوقيع أى ظاهرات أخرى، فنموذج البيانات النقطية Raster الذى يبنى على أساسه نموذج المناسيب الرقمية DEM هو شبكة خلايا توضح ظاهرة واحدة فقط.

٢ - عند استخدام نموذج TIN فإنه من الممكن إدخال نقط مناسيب جيدة على النموذج نفسه معرفة بمواقع إحداثية جديدة، أما نموذج DEM فلا يمكن إضافة نقط مناسيب جديدة عليه، فجميع خلايا الشبكة مخصصة لنقط المناسيب، والطريقة الوحيدة لإضافة نقط مناسيب جديدة هو زيادة دقة الشبكة بتصغير حجم الخلية فتتاح الفرصة لظهور خلايا جديدة تحمل نقط مناسيب جديدة.

٣ – عند استخدام نموذج المناسيب TIN فإنه يمكن تصميم الشكل ثلاثى الأبعاد لتضاريس سطح الأرض، فأضلاع شبكة المثلثات التى تصل مناسيب سطح الأرض بالنموذج تكون أفضل فى تعريف الشكل الثلاثى وتصميمه عن تعريفه باستخدام DEM.

٤ – تزداد فعالية الحاسب الآلى فى إجراء عمليات تحليل تضاريس سطح الأرض وتوليف خطوط الكنتور وحساب الانحدار واتجاهه بشكل أسهل وأسرع عند استخدام نموذج المناسيب الرقمية DEM، وذلك لسهولة إجراء عمليات التجاور بين الخلايا والربط بين شبكات الخرائط المتماثلة، أما عند استخدام نموذج TIN فيزداد الحمل الحسابى الچيومترى كلما زادت عدد المثلثات ويكون ذلك على حساب الوقت والتكلفة.

**أساليب التحليل الطبوغرافي:**

تضم أدوات التحليل المكانى Spatial Analysis العديد من أساليب تحليل سطح الأرض والتعرف على نظامه، وتضم معظم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية العديد من أدوات تحليل سطح الأرض اعتماداً على نموذج المناسيب الرقمى.وهو الملف الأساسى الذى يستخدم فى تنفيذ أساليب التحليل الطبوغرافى مثل تصميم الخرائط الكنتورية، القطاعات الرأسية لتمييز الظاهرات التضاريسية، خرائط إنحدار سطح الأرض، خرائط اتجاه الإنحدار لتمييز التدرج فى السطح واتجاهه، خرائط ظلال سطح الأرض لتمييز توزيع الإضاءة على السطح، خرائط رؤية مظاهر سطح الأرض لتمييز أى من ظاهرات السطح يمكن رؤيته من نقطة معينة. وهو ما سوف نتناوله بالتفصيل على النحو التالى:

١ - إنتاج الخرائط الكنتورية Contour Maps:

وهى أهم الطرق شيوعاً فى تمثيل ظاهرات سطح الأرض، وهى تصمم باعتبارها خطوط Polylines تصل بين نقاط لها قيم مناسيب متساوية، ويمكن تمييز مظاهر سطح الأرض بواسطة متابعة التغير فى قيم الخطوط وتباعدها وتقاربها وتعرجها عبر السطح. فيمكن أن نميز بين المناطق الوعرة المضرسة والمناطق المنبسطة، وبين الحافات المرتفعة والأودية المنخفضة، وبين الانحدارات الشديدة والخفيفة، فضلاً عن تمييز أنواع أشكال سطح الأرض.

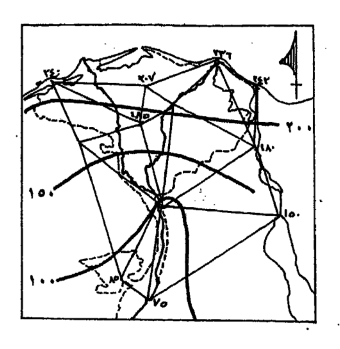
ويتم تصميم خطوط الكنتور من خلال شبكة المناسيب المدخلة Input Surface وفقاً لضوابط أساسية يحددها المستخدم، وسوف يعتمد مظهر الخريطة الكنتورية المخرجة Output Surface على تلك الضوابط وهى كالآتى:

١ - المدي في الارتفاع Height Range، وهو الفارق بين أعلى قيمة منسوب وأقل قيمة، فبناءً عليه سيتم تحديد عدد خطوط الكنتور التى سوف تظهر على الخريطة.

٢ - الفاصل الرأسي Contoure Interval، ويعنى المسافة الرأسية بين كل خط كنتور وآخر، وهو فارق الارتفاع أو الإنخفاض فى منسوب سطح الأرض بين خطى كنتور متتاليين، فعلى سبيل المثال عند تحديد قيمة الفاصل الرأسى عشرة أمتار فهذا يعنى أنه سوف يتم تصميم خطوط الكنتور بفارق منسوب بين كل خط والذى يليه يبلغ عشرة أمتار.

٣ - خط الكنتور الأساسي Base Contour، وهو الخط الأساسى الذى سيبدأ منه البرنامج فى تصميم خط الكنتور، وغالباً ما يكون خط الكنتور الذى يحمل قيمة صفر (خط الساحل) أو الخط الذى يرغب المستخدم فى البدء منه ويحدده بقيمة منسوب معينة.

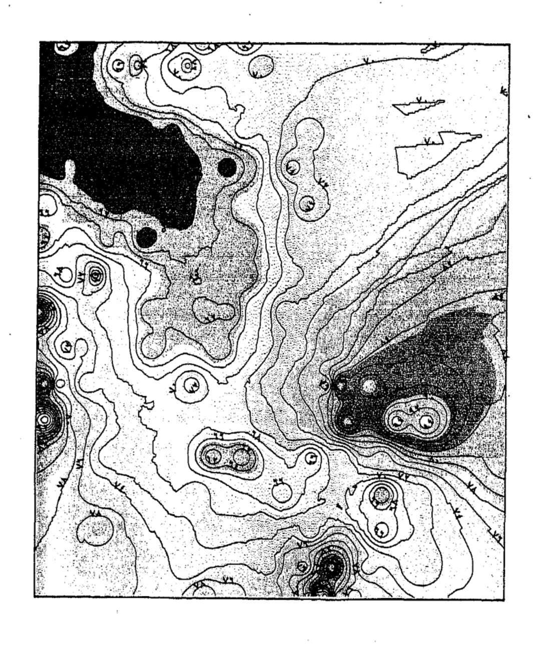
وتبعاً لتلك الضوابط المذكورة يقوم البرنامج بتوليف خطوط الكنتور بواسطة اشتقاق خط الكنتور الذى يتقاطع مع شبكة الخلايا فى نموذج DEM أو مع أضلاع المثلثات فى نموذج TIN – شكل رقم (٥٤).




**شكل رقم (٥٤) اشتقاق خطوط الكنتور**

**من شبكة المثلثات TIN**

وسوف تكون النتيجة النهائية خريطة جديدة مخرجة موضح عليها خطوط الكنتور، ومن الممكن أن يتم تعديل مظاهرها الرسومية مثل تغيير خصائص عرض الخطوط من حيث السمك والشكل واللون، وكذلك تغيير خصائص الأرقام والألوان والمفتاح وغيرها من العناصر الرسومية للخريطة شكل رقم (٥٥)، وللخريطة الكنتورية أهمية كبيرة لأى دراسة جغرافية حيث



**شكل رقم (٥٥) الخريطة الكنتورية لوادي الخروبة**

**غربي مدينة مرسي مطروح**

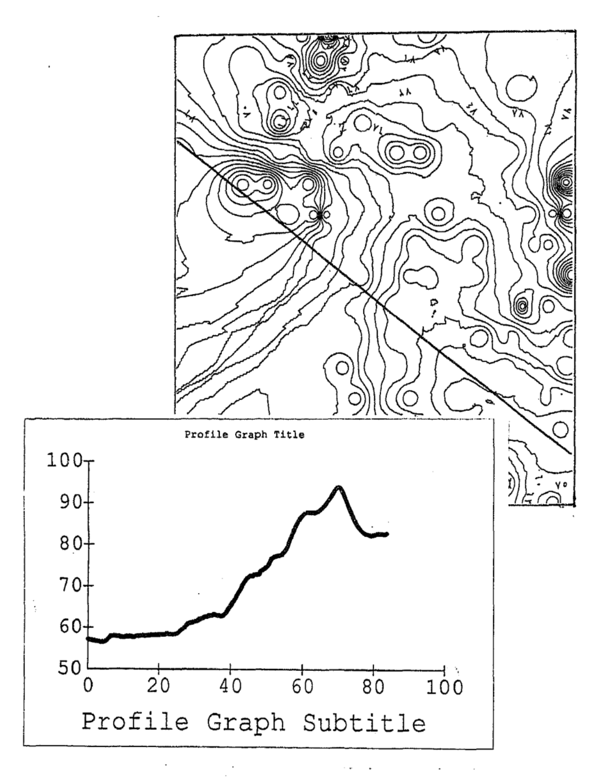
تستخدم فى تمييز التغير فى مناسيب السطح، وتمييز ظاهرات سطح الأرض وتفسير خصائصها التضاريسية، وهى خريطة الأساس للدراسات الچيولوچية والهيدرولوچية ومد الشبكات بأنواعها.

**٢ - القطاع التضاريسي الرأسي Vertical Profile:**

ويوضح التغير فى مناسيب سطح الأرض على امتداد خط معين، مثل طريق، أو مجرى مائى، أو حد سياسى، أو على امتداد اتجاه معين يحدده المستخدم بما يتناسب مع هدف دراسته، ويقوم المستخدم بتحديد خط القطاع سواء كان مظهراً خطياً أو امتداداً وهمياً على الخريطة الكنتورية المخرجة، واعتماداً على تقاطع خطوط الكنتور بالخريطة مع خط القطاع الذى يحدده المستخدم وتسجيل المنسوب عند كل نقطة تقاطع، يتم رسم القطاع الرأسى بواسطة توصيل نقط المناسيب التى يتقاطع عندها خطوط الكنتور مع خط القطاع فى رسم بيانى له محورين الأول أفقى يمثل المسافات بين خطوط الكنتور، والآخر رأسى يمثل قيم المناسيب. ويمكن رسم القطاع آليا باستخدام أحد نموذجى البيانات الرقمية للمناسيب DEM أو TIN – شكل رقم (٥٦)، ويستفاد منه فى متابعة التغير فى مناسيب سطح الأرض وأشكال تضاريسه على طول القطاع.

**٣ - تحليل إنحدار سطح الأرض The Slope:**

وهو أحد المقاييس المستخدمة فى تحليل الخريطة الكنتورية ويستخدم فى قياس معدل التغير فى مناسيب سطح الأرض على امتداد طولى محدد وبمعنى آخر قياس معدل التغير فى مناسيب سطح الأرض بين كل خلية وأخرى فى نموذج DEM، أو بين رأس مثلث وآخر فى نموذج TIN، ويتم حسابه عن طريق تحديد زاوية الانحدار المحصورة بين المستوى الأفقى، والمستوى المائل لسطح الأرض الذى يمكن تخيله على هيئة مثلث قائم

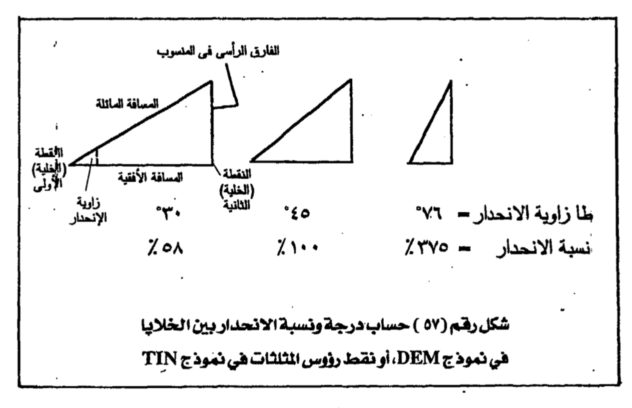



شكل رقم (٥٦) رسم القطاع التضاريسى الرأسى من الخريطة الكنتورية

الزاوية تمثل قاعدته المستوى الأفقى لسطح الأرض، ويمثل وتره المستوى المائل لسطح الأرض، ويمثل عموده المستوى الرأسى الذى يلتقيان عنده فى نهاية المسافة المائلة المطلوب حساب الانحدار عليها وهو يعبر عن الفارق فى المنسوب بين نقطة بداية المسافة ونهايتها، ويتم حساب الانحدار على طول امتداد المسافة المائلة المحددة إما على هيئة زاوية بالدرجات بقياس الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقى (المسافة الأفقية) والمستوى المائل لسطح الأرض، أو على هيئة نسبة مئوية بحساب النسبة المئوية بين المسافة الأفقية والفارق الرأسى فى المنسوب وبالطريقة الموضحة بالشكل رقم ( ٥٧) على النحو التالى:

$$\text{ظا زاوية الانحدار} = \frac{\text{فرق المنسوب}}{\text{المسافة الأفقية}}$$

$$\text{نسبة الانحدار} = \frac{\text{فرق المنسوب}}{\text{المسافة الأفقية}} \times ١٠٠$$




شكل رقم (٥٧ ) حساب درجة ونسبة الانحدار بين الخلايا في نموذج DEM، أو نقط رؤوس المثلثات في نموذج TIN

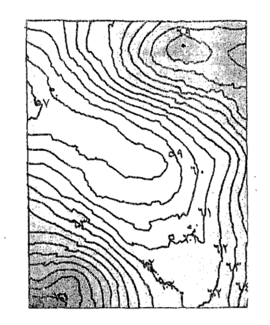
وعلى سبيل المثال تعنى نسبة الإنحدار ٥٨٪ أنه كلما قطعنا مسافة مائلة يبلغ منظورها الأفقى مائة وحدة طولية (١٠٠ متراً مثلاً) كلما ارتفع منسوب سطح الأرض ٥٨ متراً وكانت الزاوية بين المسافة المائلة ومنظورها الأفقى ٣٠ درجة، وتعنى نسبة الإنحدار ١٠٠٪ أنه كلما قطعنا مسافة مائلة يبلغ منظورها الأفقى مائة متراً كلما ارتفع منسوب سطح الأرض مائة متراً وكانت الزاوية بين المسافة المائلة ومنظورها الأفقى ٤٥ درجة، وتعنى نسبة الانحدار ٣٧٥٪ أنه كلما قطعنا مسافة مائلة يبلغ منظورها الأفقى مائة متراً كلما ارتفع منسوب سطح الأرض ٣٧٥ متراً وكانت الزاوية بين المسافة المائلة ومنظورها الأفقى ٧٦°.

وتكون المحصلة النهائية لعملية تحليل انحدار سطح الأرض هى استخراج خريطة جديدة تحمل خلاياها قيم الانحدار بين كل خلية والخلية المجاورة لها فى حالة نموذج DEM، أو يحمل جدول بياناتها الوصفية قيم الانحدار بين كل نقطة معرفة وأخرى، ويتم التحكم فى عرضها بالدرجات أو بالنسبة المئوية، وتقسيمها إلى فئات تتوزع على أساسها درجة الانحدار أو نسبتها على نطاقات الخريطة – شكل رقم ( ٥٨).

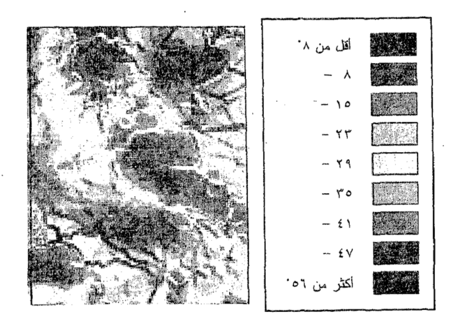
ويستفاد من خريطة إنحدار سطح الأرض فى مد الشبكات وتحديد النطاقات الأنسب لامتدادها تبعاً لدرجة الانحدار المناسبة لها، كما يستفاد منها فى تحديد المسافات الحقيقية بين الظاهرات الموضعية، وإدارة المخاطر الطبيعية المرتبطة بها مثل جرف التربة، والانزلاق الأرضى، الفيضانات.

**٤ - تحليل إتجاه الإنحدار Aspect:**

وهى أحد المقاييس الهامة الذى يستخدم فى تحديد اتجاه أعلى معدل تغير فى إنحدار سطح الأرض (من أعلى إلى أسفل) بالنسبة لاتجاه الشمال، وتكون الخريطة المدخلة هى شبكة المناسيب DEM أو شبكة المناسيب المثلثية



الخريطة الكنتورية (الخريطة المدخلة)




خريطة درجة الانحدار (الخريطة المخرجة)

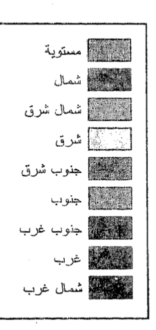
شكل رقم ( ٥٨ ) استخراج خريطة درجة الانحدار من الخريطة الكنتورية

ويتم حساب اتجاه الانحدار من خلية إلى أخرى فى شبكة DEM أو من نقطة إلى أخرى فى شبكة المثلثات TIN، وتحمل الشبكة المخرجة DEM قيماً جديدة تعبر عن اتجاه انحدار سطح الأرض بالنسبة لاتجاه الشمال، وكذلك جدول البيانات الوصفية المتوافق مع شبكة TIN، فعلى سبيل المثال إذا كانت قيمة الخلية فى الشبكة المخرجة DEM تعادل ٩٠ درجة فهذا يعنى أن اتجاه أعلى معدل انحدار لسطح الأرض يكون جهة الشرق وبمعنى آخر فإن خط السير لأسفل المنحدر سوف يكون فى اتجاه الشرق، وإذا كانت تعادل ١٨٠ درجة فتعنى أن اتجاه أعلى معدل انحدار لسطح الأرض يكون جهة الجنوب، وهكذا بالنسبة لقيم اتجاه الانحدار التى تتراوح بين صفر، ٣٦٠ درجة – شكل رقم (٥٩).

أما فى حالة ما إذا كان سطح الأرض أفقياً وغير منحدر فلن يكون له اتجاه للانحدار وفى هذه الحالة تأخذ قيم الخلايا فى شبكة DEM، أو نقط المثلثات فى شبكة TIN القيمة (-١).

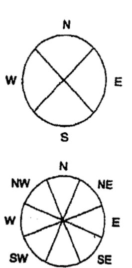
ومن أهم التطبيقات لخريطة اتجاه الانحدار حساب الإضاءة الشمسية لكل موقع فى منطقة الدراسة وربطها بتنوع الحياة النباتية والحيوانية به، فعلى سبيل المثال الخلايا التى يبلغ فيها اتجاه الانحدار ٩٠ درجة تعنى أنها سوف تستقبل أشعة الشمس مباشرة خلال وقت شروق الشمس، وسيقل الإشعاع الشمسى المباشر عليها تدريجياً بالاقتراب من فترة الزوال، ثم ينعدم الإشعاع الشمسى المباشر عليها بعد فترة الزوال وحتى غروب الشمس.، وعند البحث عن المناطق المسطحة التى تصلح لعمل مطارات الطوارئ فى المناطق الجبلية، أو محطات تجمع المركبات فى نطاقات التخييم أو نطاقات ممارسة الرياضات الجبلية كالتزحلق والتسلق، وفى النطاقات التى تتساقط عليها الثلوج وتتراكم على منحدرات الجبال، فإن معرفة اتجاه الانحدار سيوفر

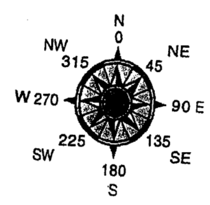





**شكل رقم ( ٥٩) خريطة اتجاهات انحدار سطح الأرض .**

**Aspect**




شكل رقم (٦٠) اتجاهات انحدار سطح الأرض
تبعاً لاتجاهات البوصلة

معلومات عن اتجاه إندفاع مياه الثلوج الذائبة، وما تجرفه معها من إرسابات فيمكن تجنب بناء المبانى والمنشآت فى هذه المسارات، وفى نطاقات ممارسة رياضة التزحلق يكون من المفيد معرفة اتجاه الانحدارات الأنسب لمزاولة التزحلق واتجاه نهاية المسار، وكذلك فى إدارة المخاطر الطبيعية التى يسببها جرف التربة، والانزلاق الأرضى والفيضان.

**٥ - تحليل ظلال سطح الأرض Hill Shading:**

وهو تحليل يتناول العلاقة بين مظاهر سطح الأرض وضوء الشمس الساقط عليها، فينتج شكلاً يمدنا بإحساس التضرس أو كيف يبدو المظهر التضاريسى فى ضوء الشمس، وبالتالى فالمنحدر الذى يواجه الضوء الآتى من الشمس سوف يكون ساطعاً وضاءً، والمنحدر الموجود عكس الضوء سيكون معتماً مظلماً، وسوف يبدو شكل سطح الأرض متدرج الظلال بين اللون الأبيض واللون الأسود (درجات اللون الرمادى) بقيم رقمية Digital Values تتراوح بين صفر، ٢٥٥ – شكل رقم (٦١).

ويعتمد إنتاج شكل ظلال سطح الأرض على أربعة عناصر أساسية تحدد كيف يبدو المظهر التضاريسى، الأول : هو اتجاه الأشعة الآتية من الشمس Azimuth ويتحدد ذلك تبعاً لاتجاهات البوصلة بين صفر ، ٣٦٠°، والثانى : هو زاوية ارتفاع الشمس عند خط الأفق Altitude وتتحدد بين صفر، ٩٠°، والثالث : درجة الانحدار وتتراوح بين صفر ، ٩٠°، والرابع : اتجاه الانحدار ويتراوح بين صفر، ٣٦٠° . وبحساب العناصر الأربعة يمكن حساب قيمة الإشعاع النسبى بكل خلية فى شبكة المناسيب DEM، أو فى شبكة المثلثات TIN. وتستخدم الصيغة التالية فى حساب الإشعاع النسبى لكل خلية فى DEM أو نقطة فى TIN:



**Hillshade**

**Value**

High : ٢٥٤

Low : ٠

**شكل رقم ( ٦١ ) شكل ظلال سطح الأرض عندما يبلغ اتجاه الإشعاع الشمسي ٣١٥°، وزاوية ارتفاع الشمس عن خط الأفق ٤٥°**

ر = جتا (أ$_1$ – أ$_2$) جا هـ$_1$ جتا هـ$_2$ + جتا هـ$_1$ جا هـ$_2$

حيث :

ر = قيمة الإشعاع النسبى

أ$_1$ = اتجاه الانحدار

أ$_2$ = اتجاه الإشعاع الشمسى

هـ$_1$ = درجة الانحدار

هـ$_2$ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الأفق

وتتراوح قيمة الإشعاع النسبى ( ر ) بين صفر ، ١، ويمكن تحويل قيمة الإشعاع النسبى إلى قيمة مطلقة تعبر عن قيمة درجة الإضاءة بضرب قيمة (ر) × ٢٥٥ ، فإذا كان الناتج ٢٥٥ يعنى أن درجة الإضاءة للخلية أو النقطة هى اللون الأبيض، وإذا كان الناتج صفر دل ذلك على أن درجة الإضاءة اللون الأسود، والأرقام المحصورة بينهما تدل على درجة الظل للون الرمادى[1].

وتساعد أشكال ظلال سطح الأرض فى تمييز ظاهرات سطح الأرض، وتشكل مصدراً ومرجعاً لخرائط التضاريس والخرائط الموضوعية، ويمكن إنتاج مجموعة أشكال لمنطقة واحدة بفارق زمنى محدد خلال فترة النهار لتحديد أفضل نطاق منحدر مضاء لها.

---

(1) Chang, K.,op. cit,., p. 251.

## ٦ - تحليل رؤية سطح الأرض Visibility Analysis:

ويستخدم في تعريف المساحات التضاريسية من سطح الأرض التي يمكن أن تُرى من نقطة أو نقط محددة تسمى نقط الملاحظة Observation Points، ويعتمد تحديد المساحات الممكن رؤيتها على موقع الملاحظة أو موقع الرصد، وإتجاه خط (شعاع) النظر (الرصد)، فكلما كان موقع الملاحظة مرتفعاً كلما زادت مساحة الرؤية، وكلما كانت الظاهرات الممتدة على طول خط النظر أقل منه في الارتفاع أمكن رؤيتها، أما إذا كانت أكثر ارتفاعاً منه فسوف تعترضه وتخفي وراءها الظاهرات الأقل ارتفاعاً.

ويعتمد عمل تحليل الرؤية على خريطة المناسيب سواء كانت DEM أو TIN، وخريطة نقطة أو نقط الملاحظة، ومن خلال هاتين الطبقتين يمكن للبرنامج أن يحدد الخلايا في نموذج DEM أو النقط في نموذج TIN التي يمكن رؤيتها من الخلية (النقطة) أو الخلايا (النقط) التي تمثل نقط الملاحظة أو الرصد. وتأخذ الخلايا أو النقط التي يمكن رؤيتها القيمة (١)، وتأخذ الخلايا أو النقط التي لا يمكن رؤيتها القيمة (صفر)، وبالتالي فإن الخريطة المخرجة مكونة من عنصرين فقط، الأول : المناطق الممكن رؤيتها من موقع الرصد، والثاني : المناطق التي يتعذر رؤيتها – شكل رقم ( ٦٢).

وتعتمد دقة تحليل الرؤية على دقة بيانات المناسيب المدخلة بنموذج البيانات الرقمية DEM، أو بيانات الشبكة المثلثية TIN، فكلما زادت دقة كل منهما زادت دقة التحليل، وبالتالي دقة الخريطة المخرجة.

ويستفاد من تحليل رؤية سطح الأرض في أعمال المراقبة في نطاقات الغابات لحمايتها من اشتعال الحرائق وقطع الأشجار، والمنتجعات الجبلية




شكل رقم (٦٢) تحليل رؤية سطح الأرض

والمحميات الطبيعية، وحدائق الحيوان المفتوحة، والنطاقات السياحية، واختيار أنسب المواقع لوضع أبراج الاتصالات، وأبراج تقوية إرسال الإذاعة والتليفزيون، وأطباق استقبال الأقمار الاصطناعية، والمراصد الفلكية.

**٧ - التحليل ثلاثي الأبعاد 3D Analysis:**

وهو منظور افتراضي مجسم لسطح الأرض تبدو فيه تضاريس سطح الأرض قريبة من هيئتها الحقيقية، ويستخدم فى إنتاجه نموذج المناسيب الرقمية DEM أو نموذج الشبكة المثلثية TIN، ويعد الأخير الأنسب فى ذلك، ولذلك يمكن فى حالة الاعتماد على نموذج DEM تحويله إلى نموذج TIN ثم العمل عليه لإنتاج الشكل المجسم.

وتتحكم أربعة عناصر أساسية فى ضبط الشكل ثلاثى الأبعاد لسطح الأرض وتصميمه، وهى كالآتى:

**١ - اتجاه الرؤية Viewing Azimuth:**

وهى اتجاه الرؤية من موقع الرؤية إلى سطح الأرض، وهو يتراوح بين صفر، ٣٦٠° فى اتجاه عقرب الساعة.

**٢ - زاوية الرؤية Viewing Angle:**

وهى زاوية ارتفاع خط النظر أو الرؤية عن خط الأفق، وهى تتراوح بين صفر، ٩٠°، فعلى سبيل المثال إذا بلغت الزاوية ٩٠° فهذا يعنى أن الملاحظ يقع فوق سطح الأرض تماماً (كأنه ينظر عليه من نافذة الطائرة)، وإذا بلغت الزاوية صفر° فهذا يعنى أن الملاحظ يقف أمام سطح الأرض مباشرة.

٣ - مسافة الرؤية Viewing Distance:

وهى المسافة بين الملاحظ وسطح الأرض، وتتحكم هذه المسافة فى تحديد القرب أو البعد من سطح الأرض، وبالتالى تكبير أو تصغير السطح.

٤ - مقياس المبالغة Z - Scale:

وهو النسبة بين المقياس الرأسى (فرق المنسوب) والمقياس الأفقى (المسافة الأفقية) ويسمى أيضاً نسبة المبالغة، وكلما زادت النسبة بينهما كلما اقترب الشكل من المظهر الحقيقى له على الطبيعة.

ويسهل النموذج ثلاثى الأبعاد على الدارس التعرف على مظاهر سطح الأرض من زوايا مختلفة ومسافات مختلفة مما يوفر قدرة أكبر فى فحص وتمعن للظاهرة وأشكالها من زوايا مختلفة فيسهل الربط بينها وبين ما حولها من ظاهرات.

الخلاصة:

١ – تعد بيانات تضرس سطح الأرض أساسية عند دراسة الشبكات بأنواعها، وفى الدراسات التعدينية، والجيمورفولوجية، والأنشطة البشرية، والنبات الطبيعى والتربة، وخدمات الأمن والحراسة، ورصد الأخطار الطبيعية، وفى الدراسات المناخية التطبيقية.

٢ – توفر هيئات المساحة المدنية والعسكرية والجيولوجية، وهيئات الاستشعار من بعد نماذج البيانات الرقمية فى ملفات متوافقة مع نظم المعلومات الجغرافية، موزعة إما على نماذج بيانات نقطية Raster، أو نماذج بيانات اتجاهية Vector.

٣ – يمثل كل من نموذج المناسيب الرقمية (DEM)، وشبكة المثلثات غير المنتظمة (TIN) البيانات الأساسية لأساليب التحليل الطبوغرافى، ولكل منهما أسلوبه المستقل فى استخراج البيانات النهائية، ولكل منهما إيجابياته وسلبياته فى عملية التحليل، ومن الممكن التحويل بينهما.

٤ – يعد إنتاج الخرائط الكنتورية من أهم أساليب التحليل الطبوغرافى لتمثيل ظاهرات سطح الأرض وتحليل نظامها، وهى من أهم البيانات التضاريسية لأى دراسة جغرافية.

٥ – يشتق القطاع التضاريسى الرأسى من الخريطة الكنتورية على امتداد ظاهرة خطية، أو اتجاه معين، ويستخدم فى متابعة التغير فى مناسيب سطح الأرض وأشكاله التضاريسية على طول القطاع.

٦ – يعد تحليل انحدار سطح الأرض أحد المقاييس المستخدمة فى تحليل التدرج فى تضاريس سطح الأرض، وتحديد درجة انحدار السطح، ويستفاد بها فى أنشطة مد الشبكات، وإدارة المخاطر الطبيعية، وتحديد المسافات الحقيقية بين الظاهرات الموضعية.

٧ – يعد تحليل اتجاه انحدار سطح الأرض أحد المقاييس الهامة جداً المستخدمة فى تحليل تضاريس سطح الأرض، ويستفاد به فى تحديد امكانيات التنوع الحيوى، وتحديد مواقع المطارات ومحطات تجمع المركبات، وفى ممارسة الرياضات الجبلية، وإدارة المخاطر الطبيعية.

٨ – يعد تحليل ظلال سطح الأرض من المقاييس التى تنتج شكلاً رسومياً طبيعياً لسطح الأرض أثناء فترات النهار، يمثل خلفية ومصدر لخرائط التضاريس والخرائط الموضوعية.

٩ – يستخدم تحليل رؤية سطح الأرض فى أعمال المراقبة، واختيار أنسب المواقع لأبراج الاتصالات، والمراصد الفلكية.

١٠- يشكل التحليل ثلاثى الأبعاد منظوراً افتراضياً مجسماً لسطح الأرض تبدو فيه تضاريس سطح الأرض قريبة من هيئتها الحقيقية مما يسهل على الدارس التعرف على مظاهر سطح الأرض من زوايا مختلفة ومسافات مختلفة.

**ملحق رقم (٩)**

**إنشاء خريطة كنتورية:**

الملف المطلوب : ملف شبكة مناسيب DEM أو TIN

**خطوات التنفيذ:**

١ – افتح Arc Map، ثم أنقر قائمة التحليل المكانى Spatial Analyst ثم إختر منها Contour سيظهر مربع حوار Contour.

٢ – اكتب اسم ملف شبكة المناسيب فى خانة Input Surface.

٣ – حدد فى خانة Contour Difination، الفاصل الكنتورى Contour Interval، وخط الكنتور الأساس Base Contour.

٤ – اكتب اسم الملف الجديد للخريطة المخرجة ومساره فى خانة Output Features.

٥ – انقر OK ستظهر الخريطة الكنتورية فى النافذة، ويتحدد اسمها فى جدول المحتويات على يسار النافذة.

٦ – انقر بزر الفأرة الأيمن على ملف الخريطة الكنتورية بجدول المحتويات تظهر قائمة اختر منها Label Features، سوف تظهر على الخريطة قيم خطوط الكنتور.

**ملحق رقم (١٠):**

**إنشاء القطاع التضاريسي الرأسي:**

الملف المطلوب : ملف خريطة كنتورية

**خطوات التنفيذ:**

١ – افتح Arc Map ، ثم أنقر قائمة أدوات Tools ، ثم اختر توسعة Extensions ، سيظهر مربع حوار لها ثم قم بالتأشير على أداة التحليل ثلاثى الأبعاد 3D Analyst .

٢ – افتح قائمة عرض View ثم اختر شرائط الأدوات Toolbars ثم قم بالتأشير على 3D Analyst ، سوف يظهر شريط أدوات 3D Analyst .

٣ – أضف الخريطة الكنتورية على نافذة Arc Map ، ثم نشط طبقتها فتظهر على النافذة .

٤ – أنقر مفتاح تحديد خط القطاع Interpote Line الموجود فى شريط أدوات 3D Analyst .

٥ – سيتحول مؤشر الفأرة إلى مؤشر (+) وقم بتحديد النقطة الأولى للخط بالنقر ثم النقطة أو النقط الأخرى لخط القطاع. وعند الإنتهاء انقر مرتين لتحرر مؤشر تحديد خط القطاع.

٦ – انقر مفتاح عمل القطاع الرأسى Create Profile Graph الموجود فى شريط أدوات 3D Analyst ، سيظهر القطاع التضاريسى مرسوماً فى نافذة خاصة به Profile Graph Title .

٧ – انقر بزر الفأرة الأيمن على شريط عنوان Profile Graph Title ستظهر قائمة لتحرير الشكل، اختر خصائص Properties سيظهر مربع حوار خصائص لتحديد خصائص الشكل من حيث العنوان، العنوان النوعى، المفتاح، والعناصر الأخرى.

**ملحق رقم (١١):**

**إنشاء خريطة إنحدار سطح الأرض:**

الملف المطلوب : ملف شبكة مناسيب

**خطوات التنفيذ:**

١ – اختر الانحدار Slope من قائمة Surface Analysis من القائمة المنسدلة للتحليل المكانى Spatial Analyst.

٢ – يظهر مربع حوار Slope، اكتب اسم ملف شبكة المناسيب فى خانة Input Surface، وحدد نوع قياس الانحدار بالدرجة أو بالنسبة المئوية أمام Output Measurement، وحجم الخلية فى خانة Output Cell Size، واسم وامتداد الملف الجديد فى خانة Output Raster، ثم انقر OK، ستظهر خريطة الانحدار فى النافذة ويظهر مفتاح فئات درجات الانحدار فى جدول المحتويات على يسار النافذة.

٣ – لتعديل قيم فئات الانحدار، قم بالتأشير على اسم الطبقة فى جدول المحتويات، ثم اختر خصائص Properties، سيظهر مربع حوار خصائص، اختر علامة تبويب ترميز Symbology، وانقر مفتاح تصنيف Classify يظهر مربع حوار Classification.

٤ – حدد عدد الفئات الجديد، ويمكنك تحديد قيم الانحدار بنفسك بكتابتها فى خانة Break Values واحدة تلو الأخرى بالنقر على الرقم المكتوب وإعادة كتابة الرقم الذى ترغب فيه. ثم انقر OK، ثم Apply، ثم OK، فتظهر الطبقة الجديدة للانحدار بالفئات والتصنيف الجديد.

**ملحق رقم (١٢):**

**إنشاء خريطة اتجاه انحدار سطح الأرض:**

الملف المطلوب : ملف شبكة مناسيب

**خطوات التنفيذ:**

١ – اختر اتجاه الانحدار Aspect من قائمة Surface Analysis من القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكانى Spatial Anaylst.

٢ – يظهر مربع حوار Aspect حدد فيه اسم ملف المناسيب فى خانة Input Surface، وحجم الخلية Output Cell Size واسم الملف الجديد فى خانة Output Raster، ثم انقر OK.

٣ – ستظهر خريطة اتجاه الانحدار ويظهر مفتاحها فى جدول

المحتويات ومحدد عليها فئات اتجاه الانحدار الثمانية بالإضافة للنطاقات المسطحة.

٤ – يمكن تغيير الفئات بإعادة تصنيفها من فتح خصائص الطبقة واختيار Classify، ويتم إدخال عددالفئات الجديد والقيم المرغوب فيها لكل منها تحت خانة Break Values.

**ملحق رقم (١٣):**

**أنشاء خريطة ظلال سطح الأرض:**

الملف المطلوب : ملف شبكة مناسيب

**خطوات التنفيذ:**

١ – اختر ظلال سطح الأرض Hillshade من قائمة Surface Analysis من القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكانى Spatial Analyst.

٢ – يظهر مربع حوار Hillshade، حدد فيه اسم ملف المناسيب فى خانة Input Surface، واتجاه الإشعاع الشمسى بالدرجات فى خانة Azimuth، وزاوية ارتفاع الشمس على خط الأفق فى خانة Attitude، وحجم الخلية Output Cell Size، واسم الملف الجديد Output Raster، ثم انقر OK.

٣ – تظهر خريطة ظلال سطح الأرض، ويمكن تغيير خصائصها بتعديل اتجاه الإشعاع الشمسى، وزاوية ارتفاع الشمس عن خط الأفق بالنقر على الخريطة بزر الفأرة الأيمن، واختيار خصائص Properties، ثم اختيار علامة تبويب Illumination وتحديد كل منهما.

**ملحق رقم (١٤):**

**إنشاء خريطة رؤية سطح الأرض:**

**الملفات المطلوبة :** ١ - ملف شبكة مناسيب

٢ - ملف نقطة أو نقط الملاحظة (نقطتان مثلاً)

**خطوات التنفيذ:**

١ - اختر رؤية سطح الأرض Viewshed من قائمة Surface Analysis من القائمة المنسدلة لأداة Spatial Analyst .

٢ - يظهر مربع حوار Viewshed، حدد اسم ملف شبكة المناسيب في خانة Input Surface، ثم اسم ملف نقطة أو نقط الملاحظة في خانة Observer Points، ثم حدد حجم الخلية واسم الملف الجديد.

٣ - ستظهر خريطة رؤية سطح الأرض على النافذة، ويوضح مفتاح طبقتها في جدول المحتويات إلى فئتين فقط، الأولى المساحات غير المرئية Not Visible، والثانية المساحات المرئية Visible .

٤ - انقر بزر الفأرة الأيمن على طبقة رؤية سطح الأرض بجدول المحتويات، ثم اختر خصائص Properties، ثم اختر علامة تبويب ترميز Sympology واختر Unique Values من خانة Show .

٥ - انقر علامة تبويب Display واكتب ٥٠ في خانة Transparent ثم انقر OK .

٦ - سيظهر مفتاح الطبقة بشكل جديد بثلاث فئات فقط، الفئة الأولى وتأخذ القيمة (صفر) وتعني مساحات (خلايا) غير مرئية، والفئة

الثانية وتأخذ القيمة (١) وتعنى مساحات يمكن رؤيتها من نقطة واحدة، والفئة الثالثة وتأخذ القيمة (٢) وتعنى مساحات يمكن رؤيتها من النقطتين.

٧ – انقر بزر الفأرة الأيمن على اسم الطبقة واختر افتح جدول البيانات Open Attribute Table سيظهر جدول بيانات موضح عليه عدد خلايا الشبكة الجديدة موزعة على كل فئة من الفئات الثلاثة.

**ملحق رقم (١٥):**

**بناء نموذج شبكة المناسيب المثلثية TIN:**

الملفات المطلوبة : ١ – ملف شبكة مناسيب

٢ – ملف شبكة الطرق

**خطوات التنفيذ:**

١ – اختر أمر Convert من القائمة المنسدلة لأداة التحليل ثلاثى الأبعاد 3D Analyst، ثم اختر أمر Raster to TIN.

٢ – يظهر مربع حوار Convert Raster to TIN، حدد فيه اسم ملف شبكة المناسيب فى خانة Input Raster، ثم حدد القيمة ١٠ أمام خانة Z-Tolerance، وحدد اسم الملف الجديد ثم انقر OK.

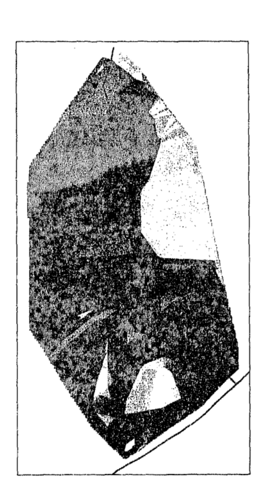
٣ – يظهر نموذج TIN موقعاً على نافذة البرنامج، ومحدد فئات المناسيب فى جدول المحتويات.

٤ – لإضافة ظاهرات أخرى لنموذج TIN افتح القائمة المنسدلة لأداة

التحليل ثلاثى الأبعاد 3D Analyst ، ثم اختر Creat / Modify TIN، ثم اختر منها Add Features to TIN .

٥ - يظهر مربع حوار Add Features to TIN حدد فيه اسم الملف الذى يحمل نموذج TIN فى خانة Input TIN ، ثم حدد الطبقات المطلوب إضافتها للملف فى خانة Layers، ثم أدخل None فى خانة Height Source، وأدخل Hard Line فى خانة Triangulate as ، وانقر OK .

٦ - يظهر نموذج TIN وموضح عليه شبكة الطرق – شكل رقم (٦٣) .



**Legend**

**Edge type**

Soft Edge ———

Hard Edge ———

**Elevation** المنسوب بالمتر

٥٧,٥٣٥ - ٥١,٥٠٧

٥١,٥٠٧ - ٤٥,٤٧٨

٤٥,٤٧٨ - ٣٩,٤٥٠

٣٩,٤٥٠ - ٣٣,٤٢٢

٣٣,٤٢٢ - ٢٧,٣٩٣

٢٧,٣٩٣ - ٢١,٣٦٥

٢١,٣٦٥ - ١٥,٣٣٦

١٥,٣٣٦ - ٩,٣٠٨

٩,٣٠٨ - ٣,٢٧٩

**شكل رقم (٦٣) نموذج شبكة المناسيب المثلثية TIN موقع عليه الطرق الرئيسية**

# التوليف المكانى

# Spatial Interpolation

- مقدمة
- عناصر التوليف المكاني
- طرق التوليف المكاني

أولاً : طريقة التوليف الخطي

ثانياً : طريقة مضلعات ثيسن

ثالثاً : طريقة مقلوب المسافة الموزونة

رابعاً : طريقة الشرائح

خامساً : طريقة كريجنج

- الخلاصة
- الملاحق

**مقدمة:**

يعد التوليف المكانى أحد أساليب إشتقاق وتقدير قيم الظاهرة الموزعة فى نطاق أرضى معين إعتماداً على مجموعة أخرى من قيم الظاهرة نفسها المرصودة حقلياً، ثم يتم بعد الإنتهاء من عملية التوليف رسم خطوط تساوى تشبه ما تم تنفيذه عند رسم خطوط المناسيب المتساوية (خطوط الكنتور) فى الفصل الخامس، فتكون الخريطة النهائية خريطة خطوط التساوى التى تعبر عن التوزيع الجغرافى للظاهرة المدروسة على سطح الأرض.

ويعرف التوزيع الناتج من عملية التوليف أو الإشتقاق بالسطح الإحصائى، لأن عملية التوليف تعتمد على طرق تستخدم أساليب إحصائية وحسابية فى التقدير، وتستخدم عمليات التوليف فى رسم خطوط الحرارة المتساوية Isotherm، خطوط الضغط المتساوى Isobar ، وخطوط المطر المتساوى Isohyet، خطوط مستويات المياه الجوفية، وخطوط تساوى تركز الملوثات الهوائية، وغيرها من الأسطح التى يمكن أن تسمى بالأسطح المنطبعة على سطح الأرض، ولذلك فالخرائط المستخرجة من عمليات التوليف يمكن مطابقتها مع متغيرات أخرى متنوعة للمنطقة نفسها مما يساعد فى عمليات التحليل المكانى والربط بين الظاهرات المكانية.

ويعتمد توليف السطوح على عينة من النقط المعلومة القيم والمرصودة حقلياً وتتوزع على جميع امتدادات منطقة الدراسة، ويتم الربط بينها بطرق مختلفة والاعتماد على القيم المرصودة والمسافات بينها فى تقدير مواضع مجموعة أخرى من النقط غير المرصودة حقليا وتقدير القيم المتوقعة لها. وتحتوى برمجيات نظم المعلومات الجغرافية على أدوات التوليف المكانى ومجموعة من الصيغ المختلفة المستخدمة فى حسابه، ويمكن للمستخدم المفاضلة بينها واختيار أنسبها لتوليف بيانات الظاهرة المدروسة.

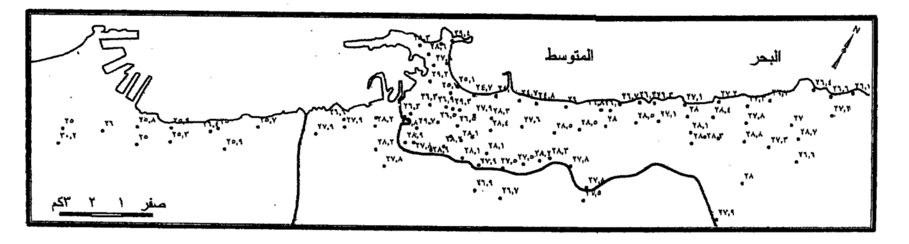
### عناصر التوليف المكاني:

يستحيل على الباحث أن يقوم بتسجيل التغير المكانى لأى ظاهرة فى كل بقعة بمنطقة الدراسة، لذا فمن المنطقى أن يقوم الباحث باختيار بعض المواقع التى يتوقع أن تتغير عندها الظاهرة ويقوم برصد قيمة الظاهرة عندها، ثم يقوم بعد ذلك بعمل التوليف المكاني آلياً، لتقدير باقى المواقع أو الفراغات التى تركها دون رصد، ويستخرج خريطة التوزيع التى يستخدمها فى تفسير التغير المكانى للظاهرة، ومعدلات هذا التغير، والربط بينه وبين متغيرات مكانية أخرى.

وتتألف عناصر التوليف المكانى إذن من شبكة مدخلة من النقط (المنتظمة أو غير منتظمة التوزيع)، وتحمل قيم الظاهرة المرصودة ميدانياً والتى تكون بمثابة نقط التحكم التى يستخدمها البرنامج فى توليف واشتقاق قيم النقط الأخرى التى سوف تنسب إلى أقرب نقط تحكم مجاورة لكل منها، فوزن كل نقطة مولفة هو محصلة لأوزان أقرب نقط تحكم لها، وبالطبع كلما زاد عدد نقط التحكم وانخفض طول المسافات بينها كلما زادت دقة التوليف والعكس صحيح – شكل رقم (٦٤).

### طرق التوليف المكاني:

تتعدد الطرق المستخدمة فى توليف بيانات السطح، وجميعها يعتمد على عدد النقط معلومة القيمة باعتبارها نقط الأساس التى تتحكم فى تقدير قيم النقط غير المعلومة القيمة، وتعتمد كل طريقة فى تقدير قيم النقط على أساليب حسابية أو إحصائية، ويناسب كل طريقة ظاهرة أو مجموعة ظواهر معينة تبعاً لطبيعة توزيع أو انتشار الظاهرة وتبعاً للدقة المطلوبة للتوليف. وبشكل عام فإن طرق التوليف تستخدم الأسس التالية:




شكل رقم (٦٤) توزيع نقط التحكم في دراسة لتوليف
خطوط الحرارة المتساوية بمدينة الاسكندرية

١ – توليف يقوم على أساس شامل، ويعنى أن أسلوب التوليف يضع فى حسابه عند تقدير قيم كل نقطة علاقة هذه النقطة بجميع نقط التحكم (معلومة القيمة).

٢ – توليف يقوم على أساس موضعى، ويعنى أن أسلوب التوليف يضع فى حسابه عند تقدير قيم كل نقطة علاقة هذه النقطة بالنقط المجاورة لها فقط (أقرب نقط متجاورة للنقطة المعلومة).

٣ – توليف دقيق يمر السطح الناتج عنه بجميع نقاط التحكم دون أن يتجاهل أى من قيم هذه النقط، ويستخدم عندما لا يوجد شك فى صحة البيانات المرصودة حقلياً، وفى هذه الحالة تظهر خطوط التساوى بإنحناءات حادة.

٤ – توليف غير دقيق لا يمر السطح الناتج عنه بنقط التحكم أو يمر ببعض منها، ويستخدم عندما يكون هناك شك فى صحة البيانات المرصودة حقلياً، وفى هذه الحالة تظهر خطوط التساوى بإنحناءات غير حادة (ناعمة).

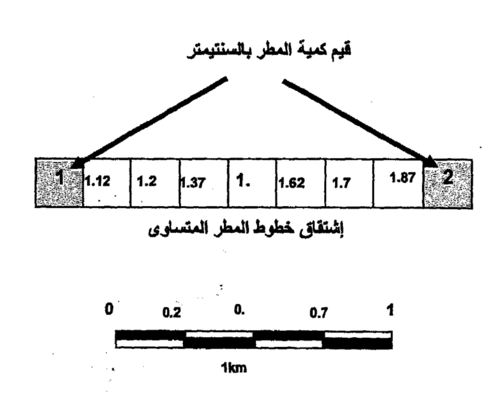
ونستعرض فيما يلى أهم طرق التوليف المكانى التى تستخدمها برمجيات نظم المعلومات الجغرافية فى إنتاج خرائط السطوح.

**أولاً: طريقة التوليف الخطي Linear Interpolation[1]:**

وهى من أبسط طرق التوليف الموضعى الدقيق، وتعتمد على ربط كل نقطتين من نقط التحكم (معلومة القيمة) بخط يتم تقسيمه وتسجيل قيمة متوسط قيمتى النقطتين لنقطة المنتصف وهى النقطة المقدرة الأولى، ثم يتم

(1) ESRI, Working With ArcGis Spatial Aralyst, for Arcview 8, ArcEditor 8, ArcInfo 8, (Lecxtures).

تقسيم المسافة بين النقطة المعلومة الأولى والنقطة المقدرة الأولى وتسجيل قيمة متوسط قيمتى النقطتين لنقطة المنتصف وهى النقطة المقدرة الثانية، ثم يتم تقسيم المسافة بين النقطة المعلومة الأولى والنقطة المقدرة الثانية لتحديد موقع النقطة المقدرة الثالثة وتكون قيمتها مساوية لمتوسط قيمة النقطة المعلومة الأولى والنقطة المقدرة الثانية وهكذا يتم تكرار هذه العملية أكثر من مرة لتحديد مواضع النقط المقدرة وتحديد قيمة كل منها – شكل رقم (٦٥).



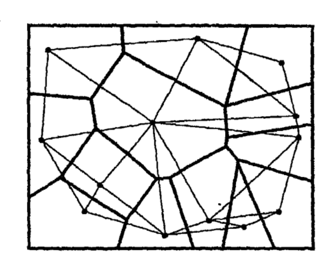

شكل رقم (٦٥) طريقة التوليف الخطى

ثانياً : طريقة مضلعات ثيسن Thessen Polygons[1]:

وهى طريقة توليف موضعى دقيقة نأخذ فيها قيمة النقطة غير المعلومة قيمة مساوية لأقرب نقطة مرصودة، ويتم تحديد أقرب نقطة مرصودة عن طريق رسم مضلعات ثيسن بالطريقة التالية:

١ - رسم شبكة من المثلثات تصل أضلاعها نقط التحكم (معلومة القيمة).

٢ - رسم خطوط عمودية على أضلاع المثلثات وبشرط أن تكون منصفة لها.



شكل رقم (٦٦) طريقة التوليف باستخدام مضلعات ثيسن

Thiessen Polygons

---

(1) Chang, K., op, cit., p. 281.

٣ – تصنع أعمدة التصنيف عند تقابلها مضلعات بداخل كل منها نقطة من نقط التحكم، وتعتمد أشكال المضلعات على طبيعة توزيع نقط التحكم، فإذا كانت المسافات بينها متساوية تكون المضلعات مربعة، أما إذا كانت المسافات بينها غير متساوية تكون المضلعات ذات أشكال هندسية متباينة – شكل رقم (٦٦).

٤ – تأخذ جميع النقط داخل كل مضلع قيمة نقطة التحكم التى تقع بداخله وتناسب طريقة التوليف بمضلعات ثيسن رسم خطوط تساوى العناصر المناخية مثل تقدير متوسط كمية المطر السنوى، وتقدير المتوسطات الشهرية أو السنوية لدرجة الحرارة، وغيرها من عناصر المناخ التى يعتمد فيها على مواقع محطات الأرصاد الجوية باعتبارها نقط التحكم، والقيمة التى تأخذها كل محطة هى قيمة عنصر المناخ المرصودة بالمحطة، وفى هذه الحالة فإن كل مضلع من مضلعات ثيسن سيمثل النطاق الأرضى الذى يحيط بمحطة الأرصاد الجوية والذى تتشابه فيه قيمة عنصر المناخ.

### ثالثاً : طريقة مقلوب المسافة الموزونة

**Inverse Distance Weighted (IDW)**

وهى طريقة توليف موضعى، تعتمد فى عملية التوليف على المسافات بين نقط التحكم، حيث يتم الربط بين كل أقرب نقطتين من نقط التحكم، ثم تقدر قيم النقط بين كل نقطتين عن طريق مقلوب المسافة بينهما، التى تكون موزونة بقيمة المدى بين الحد الأدنى والحد الأعلى لقيمتى المسافة، وتكون قيم النقط المولفة بين هذا المدى.

ويتم رسم خطوط التساوى تصل بين القيم المولفة دون المرور بالقيم المرصودة (نقط التحكم)، وبالتالى فإن خطوط التساوى تظهر بشكل غير حاد (ناعم)، ويناسب هذه الطريقة تصميم الخرائط الاقتصادية مثل خطوط تساوى الدخل، القدرة الشرائية، أسعار الأراضى، وغيرها.

**رابعاً : طريقة الشرائح Splines :**

وهى طريقة توليف موضعى، تعتمد فى عملية التوليف على النقط التى لديها أقل تغير محتمل فى الإنحدار، وهى طريقة من طرق تعميم الخط، حيث يتم رسم خطوط التساوى خلال نقط التحكم وخلال النقط بينها التى لها أقل تغير فى الانحدار بين النقط، وبمعنى آخر التى لها الحد الأدنى لتغير السطح، وبالتالى تظهر خطوط التساوى بشكل غير حاد (نعام)، ويناسب هذه الطريقة رسم مستويات الماء الأرضى، وكميات المطر.

**خامساً : طريقة كريجنج Kriging[1] :**

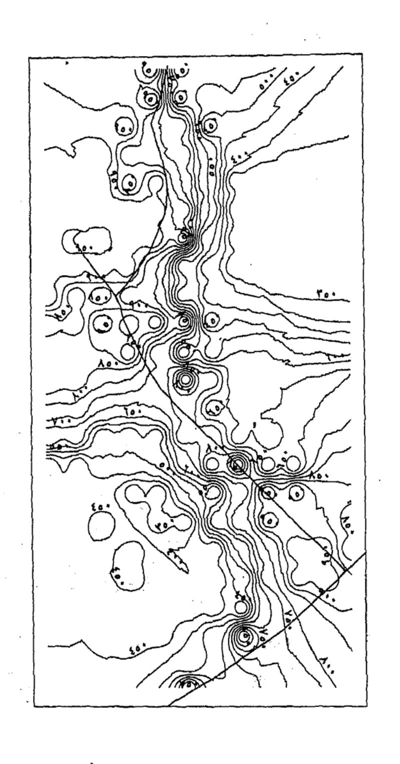
وهى طريقة إحصائية للتوليف المكانى، تضع فى حسابها قياس الأرتباط المكانى بين نقط التحكم لوصف الاختلاف فى السطح، ويتم حساب الارتباط المكانى بين النقط داخل محيط معين، أو بين نقط التحكم كلها، ثم يتم تحديد مواقع النقط المولفة والقيم التى تحملها تبعاً لقيم الارتباط بينها.

ويناسب هذه الطريقة توليف السطوح المرتبطة بتوزيع التربات، والطبقات الچيولوچية، والتكوينات المعدنية.

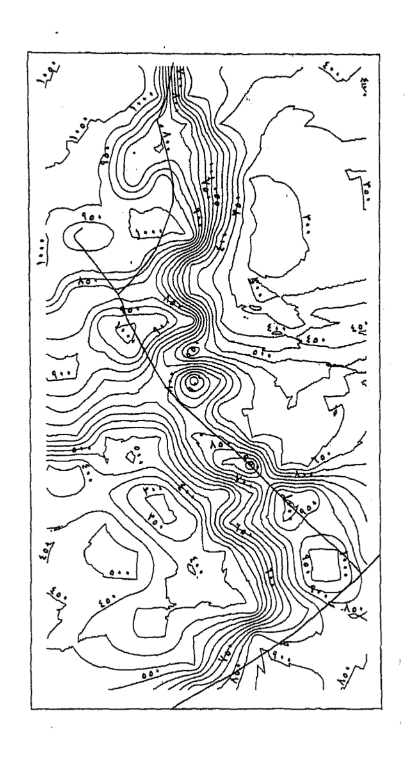
وعند إجراء عملية التوليف المكانى للبيانات نفسها بطرق مختلفة، فإن

---

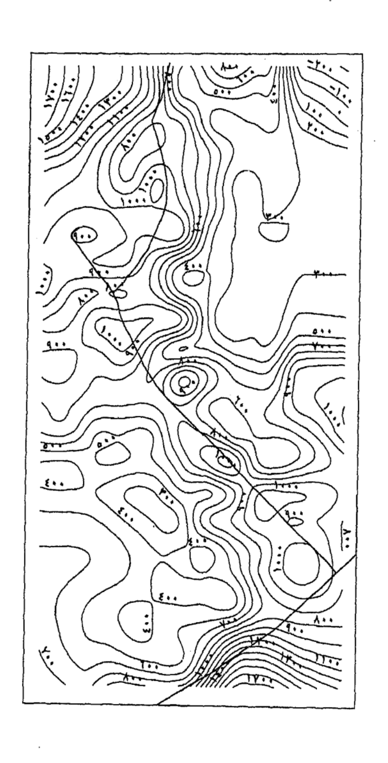
(١) اشترك فى ابتكارها مهندس تعدينى من جنوب أفريقيا يسمى D. G. Krige وعالم حسابات أرضية فرنسى يسمى Georges Matheron.




**شكل رقم (٦٧) توليف خطوط تساوي متوسط سعر المتر المربع من الأرض بمنطقة العجمي - البيطاش غربي الإسكندرية بطريقة IDW**




**شكل رقم (٦٨) توليف خطوط تساوي متوسط سعر المتر المربع من الأرض بمنطقة العجمي - البيطاش غربي الإسكندرية بطريقة Kriging**



شكل رقم (٦٩) توليف خطوط تساوي متوسط سعر المتر المربع من الأرض
بمنطقة العجمي - البيطاش غربي الإسكندرية
بطريقة Splines

الخرائط المستخرجة نتيجة عمليات التوليف ستكون مختلفة، وذلك بسبب التباين فى طرق حساب قيم النقط المولفة ومواقعها، وتشمل برمجيات نظم المعلومات الجغرافية على مجموعة كبيرة من طرق التوليف المكانى وعلى الباحث أو المستخدم أن يختار بينها أنسب طريقة تناسب الظاهرة المدروسة.

**الخلاصة:**

١- يعد التوليف المكانى أحد أساليب إشتقاق قيم الظاهرة الموزعة فى نطاق أرضى معين إعتماداً على عينة من قيم الظاهرة نفسها المرصودة حقلياً وتسمى نقط التحكم، ويعرف التوزيع الناتج من عملية التوليف بالسطح الاحصائى .

٢- تعتمد طرق التوليف المكانى على أساليب احصائية وحسابية تتناول قيم نقط التحكم فى تقدير قيم النقط غير المعلومة القيمة ويناسب كل طريقة ظاهرة أو مجموعة ظواهر معينة تبعاً لطبيعة توزيع أو انتشار الظاهرة وتبعاً للدقة المطلوبة فى عملية التوليف .

٣- تعد طريقة التوليف الخطى من أبسط طرق التوليف الموضعى الدقيق وهى تعتمد على تقسيم المسافة بين أى نقطتى تحكم وحساب متوسط قيمتهما فى تقدير النقطة غير المعلومة القيمة .

٤- تعد طريقة التوليف باستخدام مضلعات ثيسن طريقة دقيقة تعتمد على تصميم مضلعات أضلاعها أعمدة تنصف أضلاع شبكة المثلثات التى تصل بين نقط التحكم ، وتأخذ جميع النقط غير المعلومة القيمة داخل كل مضلع القيمة نفسها لنقطة التحكم.

٥- تعد طريقة التوليف باستخدام مقلوب المسافة الموزونة أكثر طرق التوليف شيوعاً فى الاستخدام ويعتمد فيها تحديد قيم النقط غير المعلومة على مقلوب المسافة الموزونة بقيمة المدى بين كل نقطتين .

٦- تعتمد طريقة التوليف باستخدام الشرائح على النقط التى لديها أقل تغير محتمل فى الإنحدار، وهى طريقة من طرق تصميم الخط، كما تعتمد طريقة كريجنج على قياس الارتباط المكانى بين نقط التحكم فى توليف النقط غير المعلومة القيمة .

٧- تختلف الخرائط المستخرجة من عمليات التوليف بسبب التباين فى طرق حساب قيم النقط المولفة ومواقعها .

**الملاحق :**

**ملحق رقم (١٦)**

**توليف خطوط الحرارة المتساوية باستخدام طريقة مقلوب المسافة الموزونة IDW**

الملفات المطلوبة : ملف نقطى لمجموعة من المحطات رصدت عندها درجة حرارة الهواء..

**خطوات التنفيذ:**

١ – افتح برنامج ArcMap، ثم افتح القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكانى Spatial Analyst، ثم اختر منها توليف Interpolate to Raster ، واختر Inverse Distance Weighted.

٢ – سيظهر مربع حوار Inverse Distance Weighted، حدد اسم الملف النقطى فى خانة Input Points، ثم حدد حقل بيانات درجة حرارة الهواء فى خانة Z Value Field، ثم حدد رقم (٢) فى خانة Power، وحدد Variable فى خانة Search Radus Type.

٣ – حدد عدد النقط التى سوف تستخدم فى توليف كل نقطة فى خانة Number of Points، ثم حدد أقصى مسافة لنصف قطر الدائرة التى يجب البحث فيها عن عدد النقط.

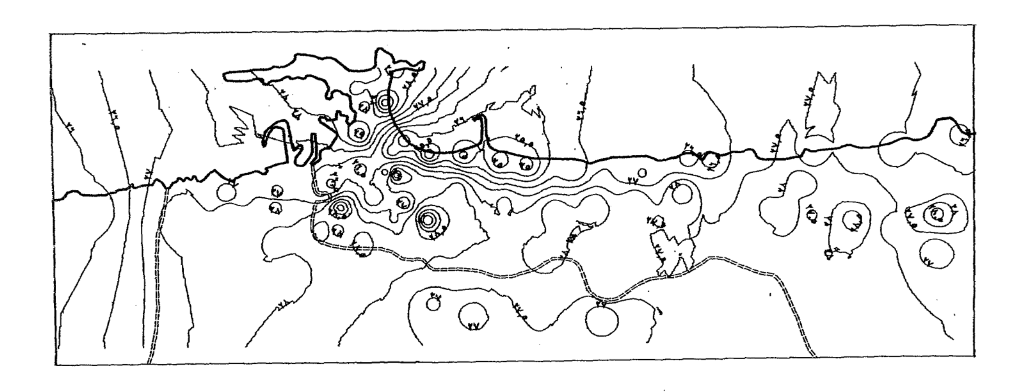
٤ – حدد حجم الخلية فى الخريطة المخرجة فى خانة Output Cell Size ثم حدد اسم الملف الجديد فى خانة Output Raster ، ثم انقر OK، ستظهر خريطة توليف السطح ومحددة بفئات.

٥ – يمكن تعديل عدد الفئات وخصائصها بالنقر بزر الفأرة الأيمن على اسم الملف واختيار خصائص Properties، ثم اختيار علامة تبويب Symbology، واختيار عدد الفئات المرغوب فى خانة Classes، ولتحديد الحد الأدنى والأعلى لكل فئة يتم النقر على زر Classify، وكتابة كل حد، ثم انقر OK.

٦ – لتحويل السطح من فئات إلى خطوط تساوى افتح القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكانى Spatial Analyst، ثم اختر Surface Analysis، ثم اختر منها Contour، سيظهر مربع حوار Contour، حدد اسم الملف المستخرج من توليف السطح بطريقة IDW، ثم أكمل باقى الاختيارات وانقر OK، سيضاف إلى جدول المحتويات خريطة خطوط التساوى منطبعة على خريطة توليف السطح.

٧ – بالتأشير على ملف خريطة توليف IDW وإلغاء علامة التأشير ستظهر خطوط التساوى فقط فى النافذة.

٨ – انقر بزر الفأرة الأيمن على ملف خطوط التساوى الذى يحمل مبدئياً اسم Contour، ثم انقر خصائص Properties، ثم انقر علامة تبويب Labels، يمكن تحديد قيم خطوط التساوى على الخريطة، واختيار خصائصها من حيث السمك والفنط واللون وغيرها من تلك النافذة، ثم انقر Apply، ثم OK – شكل رقم (٧٠).



شكل رقم (٧٠) تصميم خريطة خطوط الحرارة المتساوية
بطريقة IDW بمدينة الإسكندرية
المرصودة يوم ١٧ أبريل ١٩٩٤

ملحق رقم (١٧)

## توليف خطوط الحرارة المتساوية باستخدام طريقة الشرائح Splines

الملفات المطلوبة : ملف نقطى لمجموعة من المحطات رصدت عندها درجة حرارة الهواء.

**خطوات التنفيذ:**

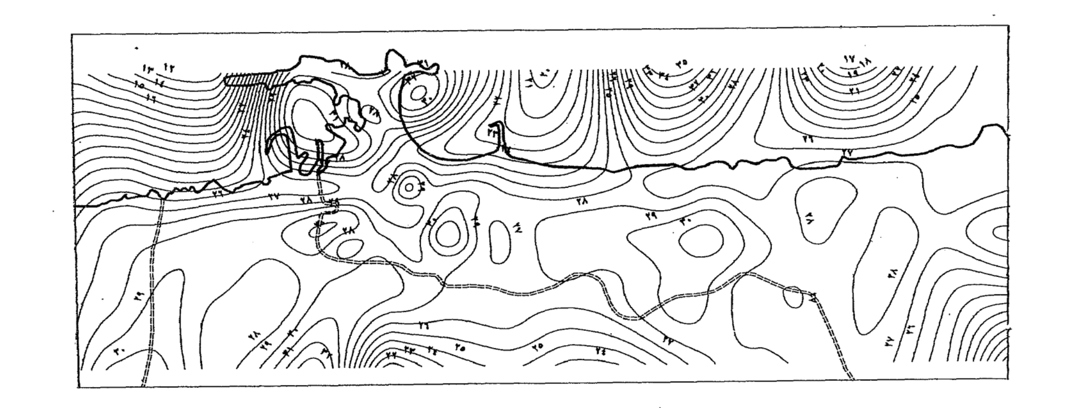
١ – افتح برنامج ArcMap، ثم افتح القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكانى Spatial Analyst، ثم اختر منها توليف Interpolate to Raster ، واختر Spline.

٢ – سيظهر مربع حوار Spline، حدد اسم الملف النقطى فى خانة Input Points، وحدد حقل بيانات درجة الحرارة فى خانة Z Value Field، وحدد نوع الشرائح Regularized لاستخراج سطح ناعم غير حاد.

٣ – حدد قيمة (١) فى خانة Weight، ثم عدد النقط التى سوف يشملها التوليف فى خانة Number of Points، ثم حجم الخلية فى الخريطة المخرجة فى خانة Output Cell Size، ثم اسم الملف المستخرج فى خانة Output Raster، ثم انقر OK.

٤ – ستظهر خريطة توليف السطح محددة بفئات يمكن تغيير خصائصها باتباع الخطوة رقم (٥) فى التطبيق السابق.

٥ – لتحويل السطح من فئات إلى خطوط تساوى اتبع الخطوات ٦، ٧، ٨ فى التطبيق السابق، شكل رقم (٧١).



شكل رقم (٧١) تصميم خريطة خطوط الحرارة المتساوية
بطريقة Splines بمدينة الإسكندرية
المرصودة يوم ١٧ أبريل ١٩٩٤

ملحق رقم (١٨)

## توليف خطوط الحرارة المتساوية باستخدام طريقة Kriging

الملفات المطلوبة : ملف نقطى لمجموعة من المحطات رصدت عندها درجة حرارة الهواء.

**خطوات التنفيذ:**

١ – افتح برنامج ArcMap، ثم افتح القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكانى Spatial Analyst، ثم اختر منها توليف Interpolate to Raster ، ثم اختر Kriging.

٢ – سيظهر مربع حوار Kriging، حدد اسم الملف النقطى فى خانة Input Points، وحدد حقل بيانات درجة الحرارة فى خانة Z Value Field، انقر Ordinary أمام Kriging Method

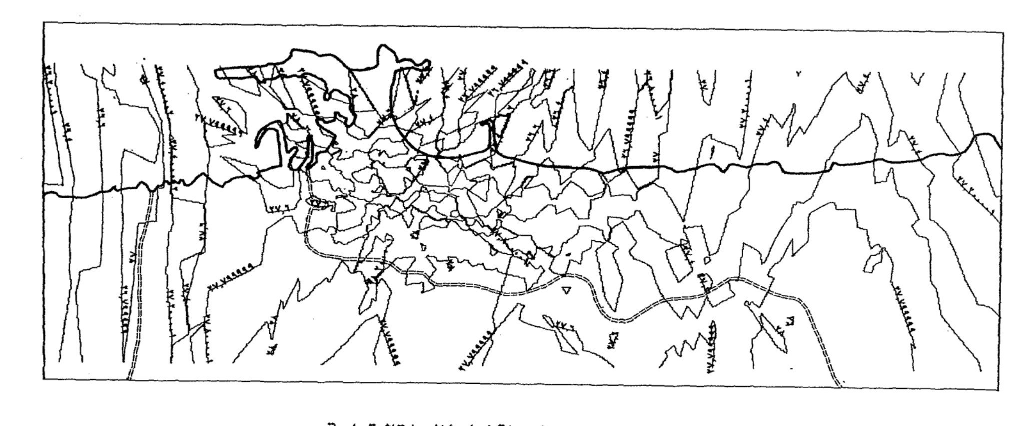
٣ – اختر Spherical من القائمة المنسدلة أمام خانة Semivariogram Model، واختر Variable من القائمة المنسدلة أمام خانة Search Radius.

٤ – حدد عدد النقط فى محيط التوليف فى خانة Number of Points، والحد الأقصى لمسافة التوليف فى خانة Maximum Distance.

٥ – حدد حجم الخلية فى الخريطة المخرجة فى خانة Output Cell Size، واسم الملف الجديد فى خانة Output Raster، ثم انقر OK.

٦ – ستظهر خريطة توليف السطح بطريقة Kriging محددة بفئات يمكن تغيير خصائصها باتباع الخطوة رقم (٥) فى التطبيق قبل السابق.

٧ – لتحويل السطح من فئات إلى خطوط تساوى اتبع الخطوات ٦، ٧، ٨ فى التطبيق قبل السابق، شكل رقم (٧٢).



شكل رقم (٧٢) تصميم خريطة خطوط الحرارة المتساوية
بطريقة Kriging بمدينة الإسكندرية
المرصودة يوم ١٧ أبريل ١٩٩٤

الفصل السابع

# تحليل مائية السطح

# Hydrologic Analysis

- مقدمة
- نشأة التدفق المائي السطحي
- تحليل اتجاه التدفق المائي
- تحليل التدفق المائي التراكمي
- تحليل شبكة التصريف المائي
  - أحواض التصريف المائي
- حساب طول التدفق المائى
- تطبيقات
- الخلاصة
- الملاحق

**مقدمة:**

تعد المجارى المائية واحدة من أهم الظاهرات الطبيعية على سطح الأرض، فهى تشكل الوعاء الذى يتجمع فيه مياه الأمطار، فتعتمد عليها جميع صور الحياة على سطح الأرض، وبالتالى جميع أشكال النشاط البشرى، وتشكل بذلك أهم مورد طبيعى على سطح الأرض.

وتعد دراسة الجريان المائى ونظامه واحدة من أهم دراسات حصر الموارد وتعظيم الاستفادة منها، ومن أهم الدراسات التى يعتمد عليها فى إتخاذ قرارات التخطيط والتنمية، وتتناول نظم المعلومات الجغرافية دراسة الجريان المائى السطحى وتنظم وتبنى قاعدة بياناته، وتوفر أساليب متعددة لتحليله وتفسير نظامه لتحديد أفضل السبل للاستفادة منه، وتفسير علاقته بالظواهر المجاورة له أو المرتبطة به، وعلاقته بنقل وتوزيع الارسابات والملوثات، ولا تقتصر الدراسة هنا على أحواض التصريف المائى فقط، بل وأحواض التصريف الجاف الذى حفرتها مياه الأمطار الغزيرة فى الأزمنة الجيولوچية المطيرة، ثم أصبحت جافة خالية من المياه بشكل دائم، أو معظم فترات السنة.

وتعتمد دراسة الجريان المائى السطحى وأحواضه على خرائط مناسيب سطح الأرض (الخرائط الكنتورية) فهى الأساس الذى يستخدم فى تحديد أشكال سطح الأرض بما فيها أحواض الجريان المائى، وانحدار السطح واتجاهه الذى يحدد اتجاه الجريان المائى وتدفقه وتجمعه، ويمكن أيضاً تحديد نقط المصبات التى تنتهى عندها المجارى المائية سواء كانت البحار والمحيطات أو المنخفضات والبحيرات الداخلية، وكذلك أطوال المجارى المائية.

**نشأة التدفق المائي السطحي:**

يبدأ الجريان المائى السطحى بعد سقوط الأمطار أو ذوبان الجليد مباشرة فى التدفق من النطاقات المرتفعة نحو المناسيب الأدنى فى مسيلات صغيرة تتجمع فى مجارى مائية صغيرة ثم تتجمع فى مجارى أكبر فأكبر حتى تنشأ فى النهاية مجارى رئيسية تحمل المياه وتلقى بها فى البحر أو المحيط أو فى البحيرات أو البحار الداخلية.

ويعتمد التدفق السطحى على التغير فى مناسيب سطح الأرض من المناسيب الأعلى إلى المناسيب الأدنى، أما سرعة التدفق المائى فهى محصلة التغير فى درجة انحدار سطح الأرض فكلما زادت الدرجة زادت سرعة الجريان المائى، ومن الممكن أن يصب المجرى المائى فى نطاقات حوضية أو بحيرات التى تعد فى هذه الحالة خزانات طبيعية تحتجز فيها المياه.

ويتباين نمط التدفق المائى وعدد المجارى المائية تبعاً لطبيعة السطح الأصلى الذى استهلت عليه المجارى المائية جريانها، ويشكل نظام الجريان المائى فى النهاية حوضاً يحدده خط تقسيم المياه (يصل بين أعلى المناسيب المحيطة بالمجارى المائية) تتوقف مساحته، وعدد مجاريه، والمدى فى قيم مناسيبه، ومعدلات انحدار السطح، على كمية المياه المغذية له (الأمطار - مياه الذوبان الجليدى)، والتركيب الچيولوچى لمنطقة الجريان المائى، وفقاً لذلك يأخذ التصريف المائى أشكالاً متعددة فمنه التصريف المتوازى، والشجرى، المتشابك، والمستطيل، والدائرى، والمركزى.

**تحليل اتجاه التدفق المائي:**

يهتم دارسى المجارى المائية بتحليل شبكة التصريف المائى وتفسير نظامها ويعد تحليل اتجاه التدفق المائى أساس يعتمد عليه فى تحليل شبكة

التصريف المائى ومساراتها، وأطوالها، وحساب التدفق المائى المتراكم لكل مجرى من المجارى المشكلة للحوض، ومساحة الحوض، ومساحة مناطق المصبات الداخلية.

ويعتمد تحليل اتجاه التدفق المائى السطحى على خريطة مناسيب سطح الأرض حيث يتم فى البداية انتاج نموذج المناسيب الرقمية DEM، ثم يتم انتاج شكبة تأخذ كل خلية فيها قيمة الفارق فى المنسوب بين الخلية باعتبارها الخلية المركز وثمانية خلايا مجاورة لها فى نطاق خلايا ٣ أسطر × ٣ أعمدة، ثم يتم انتاج شبكة ثالثة تحدد داخل كل خلية قيمة الانحدار بين كل خلية والخلايا الثمانية المجاورة لها، ويتحدد اتجاه التدفق المائى بالاتجاه من الخلية المركز نحو الخلية التى تنخفض عنها وتحمل أكبر فارق فى المنسوب بينها وبين الخلية المركز – شكل رقم (٧٣)، ثم يتم تكرار حساب اتجاه التدفق لباقى خلايا الشبكة بالطريقة ذاتها.

الخريطة المخرجة النهائية   الخريطة المخرجة الأولي   الخريطة المدخلة

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| | ⟶ | |
| | | |

اتجاه التدفق المائي

| | | |
|---|---|---|
| ١ + | ٥ + | ٨ + |
| ٤ – | | ١١ + |
| ١٠ – | ٤ – | ٩ + |

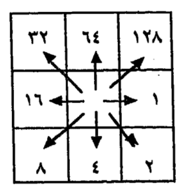
فرق المنسوب بين الخلية المركز والخلايا المجاورة في نطاق ٣×٣

| | | |
|---|---|---|
| ٧٧ | ٧٣ | ٧٠ |
| ٨٢ | ٧٨ | ٦٧ |
| ٨٨ | ٨٤ | ٧٥ |

مناسيب سطح الأرض

شكل رقم (٧٣) حساب اتجاه التدفق المائي من شبكة مناسيب سطح الأرض

وتكون المحصلة النهائية هي الخريطة المخرجة التى توضح اتجاه التدفق وتحمل خلايا شبكتها قيم تعبر عن اتجاه التدفق، قد اتفق على أن تكون قيم مضاعفات الرقم ٢ ، فيأخذ الاتجاه الشرقى القيمة (١) التى تعادل (٢ صفر)، والاتجاه الجنوبى الشرقى القيمة (٢) التى تعادل (٢١)، والاتجاه الجنوبى القيمة (٤) التى تعادل (٢٢)، والاتجاه الجنوبى الغربى القيمة (٨)، والاتجاه الغربى القيمة (١٦) والاتجاه الشمالى الغربى (٣٢)، والاتجاه الشمالى (٦٤) والاتجاه الشمالى الشرقى (١٢٨) – شكل رقم (٧٤).




**شكل رقم (٧٤) القيم التعريفية لاتجاهات التدفق المائي السطحي**

وتعد خريطة إتجاه التدفق المائى السطحى المستخرجة هى الخريطة الاساس التى تستخدم فى انتاج خريطة التدفق التراكمى، وخريطة شبكة التصريف المائى، وخريطة أحواض التصريف المائى وأطوال مسارات الجريان المائى.

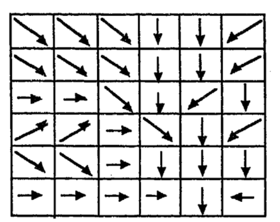
### تحليل التدفق المائي التراكمي:

يتحدد من خريطة اتجاه التدفق المائى السطحى اتجاه التدفق المائى من خلية إلى خلية أخرى مجاورة لها مباشرة، وفى حالة إذا ما اتفق اتجاه التدفق من الخلية الأولى إلى الخلية الثانية مع اتجاهه من الخلية الثانية إلى الخلية الثالثة فهذا يعنى أن الخلية الثالثة سيصل إليها الماء الذى تدفق من

**الخريطة المدخلة**

| ٧٨ | ٧٢ | ٧٢ | ٧١ | ٥٨ | ٤٩ |
|---|---|---|---|---|---|
| ٧٤ | ٦٧ | ٥٦ | ٤٩ | ٤٥ | ٥٠ |
| ٦٩ | ٥٣ | ٤٤ | ٣٧ | ٣٨ | ٤٨ |
| ٦٤ | ٥٨ | ٥٥ | ٢٢ | ٣١ | ٢٤ |
| ٦٨ | ٥١ | ٤٧ | ٢١ | ١٦ | ١٩ |
| ٧٤ | ٥٣ | ٣٤ | ١٢ | ١١ | ١٢ |

**خريطة المناسيب**



**الخريطة المخرجة**

| ٢ | ٢ | ٢ | ٤ | ٤ | ٨ |
|---|---|---|---|---|---|
| ٢ | ٢ | ٢ | ٤ | ٤ | ٨ |
| ١ | ١ | ٢ | ٤ | ٨ | ٤ |
| ١٢٨ | ١٢٨ | ١ | ٢ | ٤ | ٨ |
| ٢ | ٢ | ١ | ٤ | ٤ | ٤ |
| ١ | ١ | ١ | ١ | ٤ | ١٦ |

**خريطة قيم اتجاه التدفق المائى**

**شكل رقم (٧٥) انتاج شكبة قيم اتجاهات التدفق المائي السطحي**

الخلية الأولى إلى الثانية ثم أضيف إلى الماء المتدفق من الخلية الثانية إليها، وهذا يعنى أن الخلية الثالثة ستستقبل كمية من المياه تراكمت من خليتين أعلى منها فى الارتفاع، وهكذا فى حالة ما تشابه إتجاه التدفق المائى فى ثلاث خلايا متجاورة فهذا يعنى أن الخلية الرابعة المتجه إليها التدفق ستستقبل كمية الماء المتدفق إليها من الخلايا الثلاثة المجاورة لها. وتكون المحصلة النهائية خريطة مخرجة تأخذ قيم خلايا شبكتها عدد الخلايا التى تصب فى كل منها، فعلى سبيل المثال إذا كانت الخلية تحمل رقم (٣) فهذا يعنى أن ثلاث خلايا لها قيم متشابهة فى اتجاه التدفق المائى تنتهى إليها، والرقم (٧) يعنى أن سبع خلايا لها قيم متشابهة فى اتجاه التدفق المائى تنتهى إليها وهكذا – شكل رقم (٧٦).

الخريطة المدخلة

اتجاهات التدفق المائى

الخريطة المخرجة

| صفر | صفر | صفر | صفر | صفر | صفر |
|---|---|---|---|---|---|
| صفر | ١ | ١ | ٢ | ٢ | صفر |
| صفر | ٣ | ٧ | ٥ | ٤ | صفر |
| صفر | صفر | صفر | ٢ | صفر | ١ |
| صفر | صفر | صفر | ١ | ٢٤ | صفر |
| صفر | ٢ | ٤ | ٧ | ٢٥ | ١ |

التدفق المائى التراكى

شكل رقم (٧٦) انتاج شبكة التدفق المائي التراكمي من خريطة اتجاهات التدفق المائي

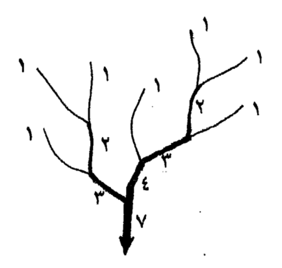
### تحليل شبكة التصريف المائي:

تمثل المجارى المائية جرياناً سطحياً متراكماً، فمن خريطة التدفق المائى التراكمى يتضح أن الخلايا التى تحمل أعلى قيمة تدفق تراكمى هى المسارات التى يتدفق خلالها الماء بسبب تجمعه من أكثر من جهة، وبالتالى تعبر تلك الخلايا عن مسارات المجارى المائية، التى تتحدد عن طريق تتبع المسار من الخلايا الأقل قيمة نحو الخلايا الأكبر قيمة فى خريطة التدفق المائى التراكمى، شكل رقم (٧٧).

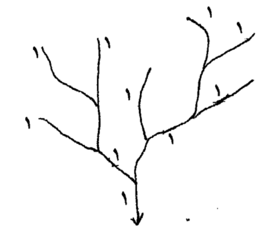
| صفر | صفر | صفر | صفر | صفر | صفر |
|---|---|---|---|---|---|
| صفر | ١ | ١ | ٢ | ٢ | صفر |
| صفر | ٣ | ٧ | ٥ | ٤ | صفر |
| صفر | صفر | صفر | ٢٠ | صفر | ١ |
| صفر | صفر | صفر | ١ | ٢٤ | صفر |
| صفر | ٢ | ٤ | ٧ | ٢٥ | ١ |

**شكل رقم (٧٧) تحديد المجارى المائية من شبكة التدفق المائى التراكمى (الأسهم تشير إلى مسارات التدفق المائى)**

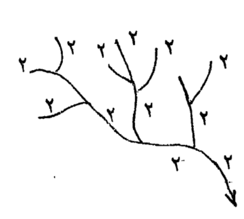
ويتم تعريف المجارى المائية بأكواد تعريفية IDs حسب رتب كل مجرى فى نظام التصريف، ويبدأ التعريف الكودى بالمجارى الأصغر فالأكبر – كما هو موضح بالشكل رقم (٧٨). أما أحواض التصريف فيتم تعريفها برقم كودى واحد يعطى لجميع المجارى المائية التابعة للحوض – شكل رقم (٧٩).




**شكل رقم (٧٨) التعريف الكودي لرتب المجاري المائية**




**حوض التصريف الأول**




**حوض التصريف الثاني**

**شكل رقم (٧٩) التعريف الكودي لأحواض التصريف المائي**

**حساب طول التدفق المائى :**

يتم حساب طول مسار التدفق المائى بتتبع مسار الخلايا التى يتدفق منها الماء نحو خلايا المصبات، ثم حساب المسافة على مسار التدفق المائى المحدد، ويستفاد من ذلك فى تحديد أطول مسار تدفق داخل الحوض، أو أقصر مسار تدفق، كما يستفاد من ذلك أيضاً فى حالة الأحواض الجافة لتحديد المسافة إلى المنخفضات التخزينية لمياه الأمطار، وعلى طول امتداد خطوط أنابيب السوائل الكيميائية، أو زيت البترول يستفاد من حساب طول التدفق المائى فى حساب المسافة نحو المنخفضات التى يمكن أن تستغل كمخازن استراتيجية أثناء حدوث أى تسرب من تلك الأنابيب.

**الخلاصة :**

١- تعد دراسة الجريان المائى ونظامه واحدة من أهم دراسات حصر الموارد وتعظيم الاستفادة منها، وتوفر نظم المعلومات الجغرافية أساليب متعددة لتحليله وتفسير نظامه .

٢- تعتمد دراسة الجريان المائى السطحى وأحواضه على خرائط مناسيب سطح الأرض (الخرائط الكنتورية) فى إنتاج خرائط إتجاه الجريان المائى وتدفقه، وتحديد نقط مصباته، ومساحة أحواضه، وأطوال مجاريه.

٣- يبدأ الجريان المائى السطحى بعد سقوط الأمطار أو ذوبان الجليد مباشرة، ويعتمد تدفقه على التغير فى مناسيب سطح الأرض من المناسيب الأعلى إلى المناسيب الأدنى، وعلى كمية المياه المغذية له، والتركيب الچيولوچى لمنطقة الجريان المائى .

٤- يعد تحليل إتجاه التدفق المائى الأساس الذى يعتمد عليه فى تحليل شبكة التصريف المائى ومساراتها وأطوالها وحساب التدفق المائى المتراكم لكل مجرى مائى .

٥- يُعَبر التدفق المائى التراكمى عن كمية المتدفق من المياه المتجه من خلايا متعددة نحو الخلية ، وتكون قيمة الخلية فى هذه الحالة تعبر عن عدد الخلايا التى يتدفق منها الماء نحوها .

٦- تكون الخلايا التى تحمل أعلى قيمة تدفق تراكمى هى المسارات التى يتدفق خلالها الماء بسبب تجمعه من أكثر من جهة .

٧- يتم حساب طول مسار التدفق المائى بتتبع مسار الخلايا التى يتدفق منها الماء نحو خلايا المصبات، ثم حساب المسافة على هذا المسار .




شكل رقم (٨٠) تحديد حوض التصريف المائي علي الخريطة

**الملاحق:**

**ملحق رقم (١٩):**

**إضافة أداة التحليل المائي Hydrology لنافذة ArcMap:**

الملفات المطلوبة: ١- ملف مناسيب سطح الأرض

٢- ملف يحتوى على أداة التحليل Hydrology.

**خطوات التنفيذ:**

١- افتح ArcMap ثم اختر Creat a new map.

٢- أضف ملف مناسيب سطح الأرض.

٣- افتح قائمة أدوات Tools ثم إختر Customize ثم أنقر زر إضافة من ملف Add From File سيظهر مربع حوار فتح Open.

٤- حدد إسم الملف (الذى يحتوى على أداة التحليل Hydrology) ثم أنقر OK.

٥- من نافذة Customize انقر المربع أمام Hydrology Modeling ثم أغلق النافذة Close.

٦- سيظهر شريط أدوات Hydrology إسحبه فى موقع شرائط الآدوات واختبره بالنقر على القائمة المنسدلة له ستظهر قائمة أدوات التحليل تحتوى على ما يلى:

- خصائص Properties.
- تعريف القيم الناقصة Identify Sinks.
- ملء القيم الناقصة Fill Sinks.
- اتجاه التدفق Flow Direction.
- التدفق التراكمى Flow Accumulation.
- حوض التصريف Watershed.
- شبكة التصريف المائى Stream Network a Features.

**ملحق رقم (٢٠):**

**انشاء شبكة اتجاهات التدفق المائى :**

**الملفات المطلوبة:** ملف مناسيب سطح الأرض.

**خطوات التنفيذ:**

١- أنقر القائمة المنسدلة لأداة التحليل المائى Hydrology التى تم اضافتها بشريط القوائم بنافذة ArcMap ، ثم اختر اتجاه التدفق Flow Direction.

٢- سيظهر مربع حوار Flow direction، حدد اسم ملف المناسيب فى خانة Input Surface، وحدد اسم ملف الشبكة الجديدة فى خانة Output Raster ثم أنقر OK.

٣- ستظهر الخريطة المخرجة فى نافذة ArcMap ومفتاحها فى جدول المحتويات، وسيلاحظ أن اسمها Flow direction 1.

**ملحق رقم (٢١):**

**تحديد التدفق المائي التراكمي:**

الملفات المطلوبة: ١- ملف اتجاه التدفق المائى Flow direction 1.

٢- ملف مناسيب سطح الأرض.

**خطوات التنفيذ:**

١- إختر خصائص Properties من القائمة المنسدلة لأداة التحليل المائى Hydrology، سيظهر مربع حوار خصائصProperties.

٢- اكتب اسم ملف اتجاه التدفق المائى المستخرج من الملحق السابق رقم (٢٠) هو Flow direction 1 فى خانة Flow Direction.

٣- اكتب اسم ملف مناسيب سطح الأرض أمام خانة Flow Accumuation ثم أنقر OK.

٤- أنقر زر سقوط المطر Rain Drop فى شريط الآدوات لأداة التحليل المائى Hydrology سيتحول مؤشر الفارة إلى مؤشر يشبه رمز الإضافة (+).

٥- أنقر بمؤشر الفأرة الجديد على أى موقع بخريطة اتجاه التدفق الموجودة بنافذة البرنامج سيظهر مسار يعرف اتجاه التدفق التراكمى، أو كيف يتدفق الماء فوق سطح الأرض.

**ملحق رقم (٢٢):**

**حساب التدفق المائي التراكمي:**

الملفات المطلوبة: ١- ملف اتجاه التدفق الماء Flow Direction 1.

**خطوات التنفيذ:**

١- إختر التدفق التراكمى Flow Accumulation من القائمة المنسدلة لأداة التحليل المائى Hydrology سيظهر مربع حوار Flow Accumulation.

٢- حدد اسم ملف التدفق المائى Flow direction 1 فى خانة Direction Raster، وحدد اسم الملف الجديد فى خانة Output Raster ثم أنقر OK.

٣- ستظهر خريطة جديدة فى نافذة البرنامج تسمى Flow Accumulation 1.

**ملحق رقم (٢٣):**

**تحديد المجاري المائية:**

الملفات المطلوبة: ملف التدفق المائى التراكمى Flow Accumulation 1.

**خطوات التنفيذ:**

١- نشط طبقة خريطة Flow Accumulation 1، وحدد طبقتها ثم انقر بزر الفأرة الأيمن عليها واختر خصائص Properties سيظهر مربع حوار خصائص الطبقة Layer Propertie.

٢- انقر علامة تبويب ترميز Symbology، ثم اختر أمر Classified من خانة Show.

٣- اختر أبيض إلى أسود فى خانة Color ramp.

٤- اختر فئتين فقط (٢) فى خانة Classes.

٥- انقر زر Clasify ثم حدد فى خانة Break Values حدد الفئات وابدأ بالرقم ٥٠ . ثم انقر Ok، ثم Apply فى نافذه خصائص الطبقة ثم OK ستظهر خريطة محدد عليها المجارى المائية. استخدم زر التكبير Zoom in على الخريطة سترى المجارى المائية بوضوح.

**ملحق رقم (٢٤):**

**تحديد أحواض التصريف المائي:**

الملفات المطلوبة: ١- ملف اتجاه التدفق المائى Flow directim 1.

٢- ملف التدفق المائى التراكمى Flow Accumulation 1.

**خطوات التنفيذ:**

١- إختر Watershed من القائمة المنسدلة لأداة التحليل المائى Hydrology فى نافذة ArcMap، سيظهر مربع حوار Watershed.

٢- حدد اسم ملف اتجاه التدفق Flow Direction 1 فى خانة Direction Raster.

٣- حدد اسم ملف التدفق التراكمى Flow Accumulation 1 فى خانة Accumulation Raster.

٤- حدد أقل عدد من الخلايا فى كل حوض فى خانة Minimum number.

٥- حدد اسم الملف الجديد فى خانة Output Raster. ثم انقر OK.

٦- سيظهر خريطة جديدة تسمى Watershed 1.

٧- غير رموز الخريطة بتحديد طبقتها والنقر بزر الفأرة الأيمن عليها واختيار خصائص Properties.

٨- اختر علامة بتويب Symbology ثم اختر منها Unique Values سيتم تحديد كل حوض تصريف بلون منفرد، ثم انقر OK، ستظهر خريطة أحواض التصريف المائى وكل حوض موضح بلون محدد.

٩- يمكن تغيير الحد الأدنى لعدد الخلايا لكل حوض عن طريق إلغاء الطبقة الجديدة وإعادة تحديد شروطها وكتابة الرقم الجديد فى خانةMinimum Number of Cells for A Basin.

**ملحق رقم (٢٥):**

**رسم شبكة التصريف المائي:**

الملفات المطلوبة: ١- ملف اتجاه التدفق المائى Flow Direction 1.

٢- ملف التدفق المائى التراكمى Flow Accumulation 1.

**خطوات التنفيذ:**

١- إختر شبكة التصريف المائى Stream Network as Feature من القائمة المنسدلة لأداة التحليل المائى Hydrology من نافذة ArcMap، سيظهر مربع حوار Stream Network.

٢- من نافذة Stream Network حدد اسم ملف اتجاه التدفق فى خانة Direction Raster، وحدد اسم ملف التدفق التراكمى فى خانة Accumulation raster؛ وحدد العدد الأدنى للخلايا لكل مجرى مائى، وحدد اسم الملف الجديد فى خانة Output Raster ثم انقر OK ستظهر خريطة الشكبة التصريف المائى كطبقة مستقلة بنافذة ArcMap.

**ملحق رقم (٢٦):**

**تحديد طول التدفق المائي:**

الملفات المطلوبة: ١- ملف اتجاه التدفق المائى Flow Direction 1.

**خطوات التنفيذ:**

١- إختر آلة حاسبة راستر Raster Calcutator من القائمة المنسدلة لأداة التحليل المكانى Spatral Analyst.

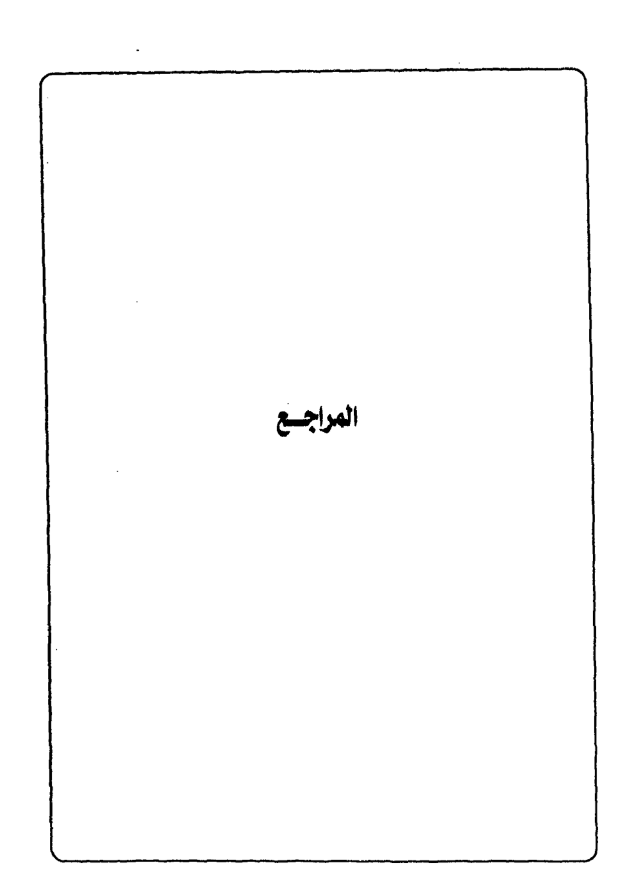
٢- اكتب الصيغة التالية:

{Flow Length} = FLOW LENGTH ({Flow Direction 1})

٣- غير رموز Sympology الخريطة الجديدة Flow Length باختيار Symbology من نافذة خصائص Properties، ثم اختيار Stretched من خانة Show، ثم أشر على خانة Invert ثم أنقر OK.

٤- انقر زر ضبط درجة الشفافية Adjust Transparency الموجود بشريط أدوات ArcMap عند ٥٠٪.

٥- ستظهر خريطة جديدة لأطوال التدفق بكل خلية.



# المراجــع



**أولاً: المراجع العربية:**


١- بدر الدين طه عثمان، نظم المعلومات الجغرافية، جامعة السودان المفتوحة، برنامج التربية، ٢٠٠٦.

٢- ..................، نظم المعلومات الجغرافية والتفصيل الموضوعي لخرائط المتغيرات الايكولوجية الزراعية والرعوية في المملكة العربية السعودية، جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية - ١٤٢٤ - ٢٠٠٣م.

٣- ..................، دعم وصناعة القرار والتحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية، الجمعية الكويتية، وسائل جغرافية، العدد ٢٧٧، ربيع الآخر ١٤٢٤، يونيو ٢٠٠٣.

٤- علاء عزت شلبي ، محمود عادل حسان، تطبيقات الحاسب الآلي في التوزيع والتحليل المكاني، منشأة المعارف بالاسكندرية ، ٢٠٠٤.

٥- محمد ابراهيم محمد شرف، نظم المعلومات الجغرافية - أسس وتدريبات، دار المعرفة الجامعية - الإسكندرية - ٢٠٠٧.

٦- ..................، مبادئ الحاسب الآلي وتطبيقاته، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ٢٠٠٧.

٧- ..................، مساقط الخرائط والخرائط البحرية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ٢٠٠٧.

٨- ..................، خرائط الطقس والمناخ، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ٢٠٠٧.

٩- ..................، التحليل الرقمي الآلي لخرائط استخدام الأرض بقسم المنتزة - الإسكندرية، ندوة الاتجاهات الحديثة في علم الجغرافيا - كلية الآداب. جامعة الإسكندرية - ١٧-٢٩ نوفمبر ١٩٩٥.

١٠- ......................، الحرارة في مدينة الاسكندرية – دراسة فى المناخ الحضرى، اصدارات مجلة كلية الآداب – المجلد الرابع والأربعين – العام الجامعى ١٩٩٥/١٩٩٦م،

١١- ......................، التحليل الرقمى للخريطة السكنية لمنطقة العجمى البيطاش غرب الإسكندرية، اصدارات مجلة كلية الآداب – جامعة الإسكندرية، ٢٠٠١م.

١٢- ......................، التحليل المكانى لتوزيع خدمة اطفاء الحريق فى شرقى الإسكندرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية – مجلة بحوث كلية الآداب – جامعة المنوفية – يناير ٢٠٠٢م.

١٣- ......................، تحليل مسارات وخصائص المنخفضات الجوية والظواهر المصاحبة لها باستخدام خرائط الطقس اليومية (مستوى ٥٠٠ ملليبار) دراسة حالة لبنان – الندوة السابعة – قسم الجغرافيا – كلية الآداب. جامعة الإسكندرية، ٢١/٧/٢٠٠٥.

١٤- ناصر بن محمد سلمى، الخرائط الموضوعية بين الطرق التقليدية وبرامج نظم المعلومات الجغرافية، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، المجلد الأول، العدد (١)، ١٤٢٣/٢٠٠٥م.

## ثانياً: المراجع الأجنبية:

1- Aronoff, S., Geographic Information Systems: A Management Perspective, WDL Publications, Ottawa, Canada, 1989.

2- Bailey, T., & Gattrel, a., Spatial Data Analysis by Example, London, Longman, 1995.

3- Bolstad, P., GIS Fundamentals: A First Text on Geograpshic Infromation Systems, 2nd Edition, White Bear Lake, Eider press, 2005.

4- Burrough, P. a., & McDonnell, R. a., Principles of Geographic Information Systems, Oxford University Press, Oxford, 1998.

5- Chang, K., Introduction to Geographic Information system, 3rd Edition, McGraw Hill, 2005.

6- ESRI, Using Arc GIS Spatial Analyst USA, 2001-2002.

7- ESRI, Using Arc GIS 3D Analyst, USA, 2000 - 2002.

8- Gressie, N., Statistics for Spatial Data, Chichester, Wiley, 1991.

9- Hathout, S., The Principals of Geographic Information Systems, Dar AL-Maerfa AL-Gameyah, Alexandria, egypt, 2007.

10- Hathout, S., Applied Geographic Information Modeling, Winnipeg, Canada, 2000.

11- Hathout, S., & Sharaf, M., The Agroclimatic Suitability of Growing Dates, Bananas, and Grapes in Egypt Using GIS, The Arab World Geographer, Toronto, Canada, 2001.

12- Heywood, I. & others, An Introduction to Geographical Information systems, Prentice Hall, 3rd Edition 2006.

13- Issaks. M., An Introduction to Applied Geostatistics, New York, Oxford University Press, 1989.

14- Longley, P. A., & others., Geographic Information Systems and Science, Chichester: Wiley, 2nd Edition, 2005.

15- Martin, D., Geographic Information Systems: Socioeconomic Application, London, routledge, 1995.

16- Schurman, N., GIS a Short Introduction, UK, 2004.

17- Sharaf, M., Digital Mapping Analysis for Contour Map, An Applied Study of Kharobah Vally, Symposium No 6, Man and

environment, "A Future Prespective", Geography Department, alexandria University, 2004.

18- Taylor, f., Geographic Information Systems, The Micro Computer and Modern Cartography, Great Britain, 1991,

19- Thurston, J., & others., Integrated Geospatial Technologies: A Gide To GPS, GIS and Data Loging, Hobokenn New Gersey, Wiley, 2003.

20- Tomlinson, R. F., Thinking About GIS: Geographic Information System for Managers, ESRI Press, 2005.

21- Wheatley, others., Spatial Technology and Archaeology, The Archaeological Application of GIS, London, 2002.

22- Wikipedia Encyclopedia, Geographic Information systems, http://en.Wikipedia.org/wiki/Eeoqraphic Information System, 30/5/2007, 02: 41: 36 Pm.

23- Wise, S., GIS Basics, London, 2002.

24- Worboys, & others., GIS: a Computing Perspective Boca Rotan, CRC Press, 2004.

25- Yeung. A. K. W., Concepts and Techniques of Geographic Information Systems, New Delhi, 2005.

# الفهـــارس



# فهرس الأشكال

# فهرس الملاحق

# محتويات الكتاب

## الفصل الثانى

## مفهوم التحليل المكانى وأساليبه

## الفصل الثالث

## التحليل المكاني للبيانات الاتجاهية

## Vector Data Analysis



## الفصل الرابع

## أساليب التحليل المكانى للبيانات النقطية Raster

## بناء نموذج البيانات النقطية

## الفصل الخامس

## التحليل الطبوغرافي

## Topographic Analysis

## الفصل السادس

## التوليف المكاني

## Spatial Interpolation



## الفصل السابع

## تحليل مائية السطح

## Hydrologic Analysis

# التحليل المكاني

## باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

